ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 MAI 1929.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

La mort continue à nous éprouver. Aujourd'hui c'est M. le Dr **Trabut**, correspondant pour la section d'Économie rurale, que nous avons la douleur de perdre.

Né à Chambéry (Savoie), le 12 juillet 1853, le Dr Trabut qui était professeur à la Faculté de médecine d'Alger et directeur du Service botanique du Gouvernement général de l'Algérie, a fait toute sa carrière dans l'Afrique du Nord.

Avec Battandier, il commençait, il y a plus de 50 ans, l'exploration méthodique de l'Algérie pour dresser l'inventaire de la végétation, commencée par Cosson et Pomel; ainsi est née la *Flore de l'Algérie*, si appréciée des explorateurs des pays limitrophes : Maroc, Sahara, Sud Algérien, et qui valut à leurs auteurs le prix Jérôme Ponti.

L'autorité scientifique de Trabut l'avait désigné à l'attention du Gouvernement général qui le chargea en 1893 du Service de la Botanique dans la colonie. Préoccupé des perfectionnements à introduire dans une agriculture encore empirique, Trabut créa un certain nombre de stations botaniques : Rouiba pour la viticulture, les céréales, les plantes fourragères; Maison Carrée pour la culture des Orangers, une station saharienne pour la culture du Dattier, etc.

Désormais les Mémoires se succèdent, ouvrant la voie à des améliorations agricoles importantes. Son étude sur l'Alfa, fruit de ses observations sur

les Hauts Plateaux en Oranie, a servi de guide pour la réglementation officielle de la cueillette de l'Alfa. Dans sa monographie de l'Olivier, il a étudié les régions les plus favorables à cette culture, les variétés qu'il convient de choisir ainsi que les meilleurs procédés de multiplication; il a ainsi favorisé la reconstitution et l'extension des Oliveraies en Algérie. L'introduction des Eucalyptus en 1862 a été l'occasion d'une étude complète des espèces introduites et de la sélection des formes naturelles ou hybrides les mieux adaptées au sol et au climat.

La sélection des variétés de Figuier de la Kabylie lui a permis de choisir la variété dite d'Isly, la meilleure pour la production des figues séchées pour l'exportation; il a publié à cette occasion un remarquable Mémoire sur la caprification. Rappelons ses études sur le Chanvre Sisal produit par un Agave; sur un hybride du Mandarinier et du Bigaradier, aux fruits dépourvus de pépins.

Il a montré l'importance, pour le tannage, d'une galle, le « *Takaout* », produite sur les *Tamarix* par la piqûre d'un insecte qu'il a déterminé et dont la propagation a, par ses soins, rendu un grand service à l'industrie.

C'est enfin par une étude sur le coton en Algérie qu'il a pu provoquer la culture de certaines races dans la région de Bône, de Philippeville ainsi qu'en Oranie, dont les rendements ont été aussi élevés et ont fourni un produit aussi estimé que dans les meilleures cultures égyptiennes.

L'œuvre de Trabut qui a marqué d'une si forte empreinte l'agriculture algérienne préservera son nom de l'oubli.

J'adresse à sa famille au nom de l'Académie l'expression de notre vive sympathie.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Rolf Nevanlinna**, professeur à l'Université d'Helsingfors, qui assiste à la séance.

GÉOLOGIE. — *Conditions de la mer silurienne à Graptolites en Normandie.* Note de M. **L. Cayeux**.

Bien qu'elle ait fait l'objet de nombreuses observations, la question du milieu générateur des schistes et calcaires ampéliteux est loin d'être élucidée de façon satisfaisante. Ch. Lapworth, dont la compétence en matière de dépôts à Graptolites était universellement appréciée, estimait que les boues

à Graptolites pouvaient s'accumuler loin des côtes, dans des eaux relativement profondes (Ex. schistes à Graptolites de la région de Moffat en Écosse), ou près des rivages, mais toujours dans des eaux tranquilles.

Peu à peu, l'opinion que les schistes à Graptolites représentent des dépôts de très faible profondeur a prévalu, mais en même temps on a fait intervenir, à plusieurs reprises, la notion de *lagunes* pour expliquer la formation de certains dépôts à Graptolites.

C'est ainsi qu'en 1917, Grabau et O'Connell ([1]) voyaient dans des schistes à Graptolites du Sud de l'Écosse, passant latéralement à des assises torrentielles, le produit, notamment, d'une sédimentation dans les lagunes d'un grand delta ou d'une série de deltas. Pareillement, en 1923, W. B. R. King ([2]) invoquait l'existence d'un régime lagunaire pour expliquer les changements qui affectent à la fois la nature des dépôts et la faune du Caradocien supérieur au Sud-Ouest des Monts Berwyn (Nord du Pays de Galles). Mais le mot ne crée pas la chose, et rien dans les données exposées ne justifie l'emploi du terme lagune, pour caractériser un régime qui, dans la pensée des auteurs, est celui d'une mer très calme et de profondeur très réduite.

Sans prétendre résoudre un problème général par l'analyse d'un cas particulier, je crois pouvoir poser en principe qu'une étude pétrographique, non seulement des schistes ampéliteux mais des formations qui leur sont intimement associées, peut fournir d'utiles éléments d'appréciation. Dans l'espoir de contribuer à la mise au point du sujet, j'ai étudié le Silurien supérieur rencontré dans un sondage profond exécuté à Danneville (Calvados), en 1911, pour la recherche du minerai de fer ordovicien. Quoique incomplète, la série traversée s'est montrée très riche en calcaires ampéliteux, alternant avec des schistes pétris de Graptolites sur une grande épaisseur.

Ceci dit, observons qu'il existe dans le gisement plusieurs types de calcaires ampéliteux, tous généralement très charbonneux, et passant rapidement aux schistes avec lesquels ils sont entremêlés. Ce sont :

1° Des *calcaires très pyriteux*, les moins chargés de tous en matières charbonneuses et fournissant quelques Radiolaires dans chaque préparation.

([1]) A. W. Grabau and M. O'Connell, *Were the Graptolite Shales, as a Rule, deep or shallow Water Deposits?* (*Bull. Soc. Geol. of America*, 28, 1917, p. 959-964).

([2]) W. B. R. King, *The Upper ordovician Rocks of the South-Western Berwyn Hills* (*Q. J. G. S.*, 79, 1923, p. 487-507 et p. 541-545, pl. XXVI).

2° Des *calcaires à Ostracodes*, assez riches pour qu'on en puisse compter plus d'une centaine dans chaque coupe mince, sans faire état des nombreuses valves isolées accompagnant les individus complets.

3° Des *calcaires à Radiolaires* très clairsemés ou d'un degré de fréquence tel que chaque préparation en contient plusieurs centaines. Ce sont des Radiolaires en forme de sphères, d'ellipsoïdes et de cloches appartenant aux deux grands groupes des *Sphærellaria* (*Sphæroïdea* et *Prunoïdea*) et des *Cyrtoïdea*. Les moins riches en Radiolaires renferment quelques Ostracodes, quelques spicules d'Éponges calcifiés qui peuvent manquer, et jamais de Foraminifères.

Dans toutes ses modalités, la fossilisation des Radiolaires fait jouer à la matière charbonneuse un rôle capital. Règle générale, la silice a disparu intégralement. Tantôt, le test a fait place à de la matière charbonneuse qui en conserve parfaitement le dessin, alors que l'intérieur est occupé par de la calcite. Tantôt, la coquille devenue calcaire est remplie de charbon. Tantôt, enfin, le Radiolaire entièrement calcifié plonge dans une trame noire qui le fait ressortir avec tous les détails de sa morphologie. Les individus, suffisamment bien conservés pour qu'on en puisse reconstituer l'architecture avec une suffisante précision, appartiennent au groupe des Radiolaires pélagiques ([1]).

En résumé, les calcaires gothlandiens de Danneville renferment des Radiolaires, et il en est qui représentent d'anciennes vases à Radiolaires profondément modifiées, qui, sans être des radiolarites à proprement parler, ne sont pas loin d'en réaliser le type.

4° Des *calcaires à cristaux de gypse calcifiés* dont la présence est pour le moins inattendue. Dans le complexe observé s'intercale un calcaire ampéliteux de faible puissance (environ 1^{cm}), littéralement pétri de cristaux microscopiques de calcite, dans lesquels on reconnaît immédiatement d'anciens cristaux de gypse. Les uns sont lenticulaires; les autres, en très grande minorité, ont des formes monocliniques distinctes passant aux premières par tous les intermédiaires. Sauf qu'ils sont plus petits, ces cristaux rappellent à s'y méprendre ceux du Tertiaire lagunaire des environs de

---

([1]) Il n'est pas inutile d'ajouter que j'ai retrouvé des Radiolaires de même type, mais avec une moindre fréquence, dans des calcaires ampéliteux de Feuguerolles (Calvados), recueillis par M. Bigot. M. Y. Milon avait déjà observé ces Radiolaires, en compagnie d'Ostracodes, mais sans pouvoir en fixer la véritable nature, en raison de leur état de conservation défectueux (Y. Milon, *Recherches sur les calcaires paléozoïques et le Briovérien de Bretagne*, 1928, p. 69).

Paris, et principalement des silex nectiques de l'horizon de Saint-Ouen. Leur plus grand axe, qui mesure en moyenne $0^{mm},05$, atteint au plus $0^{mm},07$. Il est à noter que dans toutes les coupes minces qui en sont formées nulle trace organique ne peut être observée.

En raison du grand intérêt qui s'attache à ces calcaires subordonnés à des dépôts franchement pélagiques, je crois devoir souligner le fait que le diagnostic ne comporte pas la plus petite réserve. On ne peut songer, par exemple, à voir, dans les milliers de cristaux reconnus, le produit de la décomposition de la pyrite qui fait partie intégrante de tous les calcaires ampéliteux, car la forme même des éléments exclut la possibilité d'une semblable origine. Et d'ailleurs, ce minéral ne trahit jamais la moindre tendance à l'altération. Bref, le Gothlandien à Graptolites de Normandie fournit un témoignage irrécusable en faveur d'un phénomène d'évaporation lagunaire aboutissant à la formation d'un lit de gypse. En l'espèce, on peut donc parler de lagune sans abus de langage.

A quelque catégorie qu'ils appartiennent, les calcaires ampéliteux se font remarquer par leur extrême pauvreté en minéraux clastiques, dont on n'aperçoit jamais un seul représentant dans les nombreuses coupes minces analysées. Au surplus, les dimensions des granules extraits par décalcification sont des plus réduites. Ceux que j'ai mesurés comptent parmi les plus gros avec un diamètre de 12 et 15^{μ}, et encore leur origine détritique n'est-elle pas certaine.

Pour donner au complexe de dépôts étudiés sa véritable physionomie, il faut ajouter qu'un des horizons calcaires est nettement raviné à sa partie supérieure sur 2^{cm} de profondeur, sans que sa composition enregistre le moindre changement dans les rapports du milieu avec la terre ferme. En outre, des surfaces de bancs sont recouvertes de nombreuses pistes de vers.

L'image qui paraît se dégager des faits observés est celle d'une *mer de profondeur extrêmement faible, caractérisée par un plankton d'exceptionnelle richesse, ne recevant de la côte que des apports véritablement négligeables, et susceptible d'engendrer des produits d'évaporation*. Tout bien considéré, le régime répondant à cet ensemble de conditions, qu'on ne s'attend pas à trouver réunies dans une même formation, ne peut être réalisé qu'au large, loin de la côte, ce que démontrent la faune de Radiolaires, l'insignifiance du résidu de quartz et, d'une manière générale, tous les caractères des sédiments passés en revue. Autrement dit, l'épisode lagunaire et le ravinement du calcaire sont des phénomènes localisés en pleine mer, dans des eaux si peu profondes qu'une très faible rupture d'équilibre suffit pour

créer localement un milieu lagunaire et entraîner le ravinement d'un banc qui vient de se déposer.

Les calcaires ampéliteux se signalent encore par les importantes transformations minérales dont ils ont été le siège. La genèse en grand de la pyrite cubique, la disparition complète de la silice des Radiolaires et la calcification de tous les cristaux de gypse représentent une somme de métamorphoses incomparablement supérieure à la moyenne observée dans les terrains siluriens.

PHYSIOLOGIE. — *Action accélérante des sels de lanthane à dose très faible sur la fermentation.* Note de M. **Charles Richet** et Mme **L. Braumann**.

Nous avons étudié l'action des doses faibles du sulfate de lanthane sur la fermentation lactique (1).

L'un de nous avait établi, dans une série prolongée d'expériences, que la plupart des sels métalliques (zinc, argent, or, platine, thorium, vanadium, etc.) à dose minuscule agissent sur la fermentation lactique en l'accélérant quelque peu, ainsi qu'on peut le constater facilement par le titrage acidimétrique de la liqueur après 48 heures de fermentation.

Or nulle recherche à notre connaissance n'avait été tentée encore sur le rôle (en biologie ou en bactériologie) des sels de lanthane. Nous avons donc cherché à savoir si le lanthane à dose minuscule se comportait comme les autres métaux.

Voici les chiffres portant sur 80 dosages.

La quantité d'acide formé dans les tubes témoins est supposée égale à 100 :

Liqueur contenant	10^{-7}	de SO^4La (2)	par litre	129
»	10^{-8}	»	»	133
»	10^{-9}	»	»	96

Ainsi le lanthane se conforme à la loi générale : accélération par les doses minuscules de métal.

Si faible que soit cette proportion d'un dix-millième de milligramme par

(1) Comme dans nos précédents essais le bouillon de culture était une dissolution de caséine digérée par la pancréatine et additionnée de lactose (40g par litre). Le ferment était un ferment lactique pur, habitué à ce milieu de culture.

(2) Poids évalué en La^2O^3.

litre, elle répond cependant à une énorme quantité de molécules, ce qui rend le fait moins invraisemblable qu'il ne paraît tout d'abord.

Quoique nous n'ayons ici étudié que la fermentation lactique, il est probable que ces phénomènes d'accélération sont applicables à d'autres fermentations.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le titane dans les plantes phanérogames.* Note de M. **Gabriel Bertrand** et Mlle **C. Voronca-Spirt**.

Le titane, si fréquent dans les roches et dans le sol, a déjà été reconnu en petites proportions, à plusieurs reprises, dans des cendres végétales, notamment par Geilmann ([1]) et par Headden ([2]). Il semble, d'après les résultats publiés, que cet élément n'existe dans les plantes que d'une façon irrégulière, peut-être accidentelle. Headden pense même qu'il est introduit dans les cendres sous la forme de poussières minérales, déposées à la surface des tiges et des feuilles.

Étant donné le rôle joué par le silicium dans le règne végétal, d'une part, la parenté chimique du titane et du silicium, d'autre part, nous avons cru devoir reprendre l'étude de la question, rechercher et doser le titane dans un nombre de cas assez grand pour être en droit d'en tirer de premières indications générales.

Les plantes ou parties de plantes, le plus souvent alimentaires, que nous avons analysées ont toujours été soigneusement purifiées des parties terreuses et des poussières qui pouvaient en souiller la surface, desséchées et calcinées, suivant une technique plusieurs fois exposée à l'occasion de recherches analogues sur d'autres éléments : manganèse, zinc, nickel, cobalt, sodium, etc. Les cendres ont été débarrassées de la silice par un chauffage avec de l'acide fluorhydrique en présence d'un peu d'acide sulfurique, amenées ensuite en dissolution dans ce dernier acide à la concentration de 5 pour 100.

La recherche et le dosage du titane dans la solution ainsi obtenue ont été effectués d'après la méthode colorimétrique de Weller ([3]), méthode basée sur la réaction de Schönn ([4]), c'est-à-dire sur la transformation du titane en

---

([1]) *Journ. f. Landwirschaft*, 68, 1920, p. 107.

([2]) *Bull.* 267 de l'*Agric. Experim. Station of the Colorado Agric. College*, 1921.

([3]) *Ber. d. d. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 2592.

([4]) *Zeits. f. anal. Chem.*, 9, 1871, p. 41 et 330.

acide pertitanique, de couleur jaune orangé intense, à l'aide du peroxyde d'hydrogène (1).

Dans les conditions où nous nous sommes placés, cette méthode permettait de reconnaître et de doser le titane contenu dans une prise d'essai à partir de la quantité minima de 0g,00005 et parfois même de 0g,000025. Nous avons presque toujours opéré sur des poids de substance végétale correspondant à 10, à 20 ou à 50g de matière sèche, selon la teneur présumée en titane. Comme l'intensité de la réaction est légèrement amoindrie par la présence de l'acide phosphorique, nous avons toujours évalué cette combinaison dans les cendres, sur une seconde prise d'essai, afin de pouvoir en tenir compte au moment du dosage, en même temps que de la quantité d'acide phosphorique nécessaire à la transformation du fer en complexe incolore.

De plus d'une centaine d'analyses ayant porté sur 55 espèces de Monocotylédonées et de Dycotylédonées, originaires de régions et de terrains différents, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Le titane se rencontre dans toutes les plantes phanérogames et il y en a généralement assez pour que l'on puisse le doser dans les divers organes (sauf exception, entre quelques centièmes de milligramme et 5 à 6mg par kilogramme de matière fraîche).

Les précautions prises et surtout la présence du titane dans certains tissus ou organes protégés, comme les graines, écartent l'objection, au premier examen acceptable, d'une contamination des matériaux étudiés par des poussières.

Les quelques résultats négatifs que nous avons enregistrés proviennent de parties spéciales de plantes (pulpe de banane, jus de citron, fond d'artichaut, germes de cacao et de blé, riz poli) dont nous n'avons pas toujours pu, dans ces premières recherches, examiner une prise d'essai suffisante (10g et au-dessous), mais qui, en tout cas, appartiennent à des espèces dans les autres parties desquelles nous avons réussi sans difficulté à doser le titane.

2° Comme dans le cas du fer, du manganèse, du zinc, etc., ce sont les parties vertes et surtout les feuilles qui sont les plus riches en métal (2).

---

(1) Pour les détails de la technique et le tableau des résultats, consulter le Mémoire qui paraîtra prochainement : *Bull. Soc. chim.* ou *Ann. Inst. Past.*

(2) Geilmann (*loc. cit.*) avait déjà remarqué la richesse relative des feuilles en titane.

Lorsqu'on analyse séparément les feuilles vertes et les feuilles étiolées d'une même plante, par exemple les feuilles extérieures et les feuilles intérieures d'un chou, on trouve que les premières contiennent deux fois plus de titane que les secondes ($0^{mg},2$ au lieu de $0^{m},1$ par kilogramme frais). La relation entre la teneur des feuilles en chlorophylle et leur teneur en métal est aussi générale dans le cas du titane que dans celui du zinc récemment signalé par l'un de nous en collaboration avec B. Benzon ([1]) C'est ainsi que les bractées extérieures, moyennes et intérieures du capitule comestible de l'artichaut, de moins en moins riches en chlorophylle, contiennent respectivement $0^{mg},5$, $0^{mg},4$ et $0^{mg},1$ de titane par kilogramme de matière fraîche; que les feuilles extérieures de la laitue pommée en renferment $1^{mg},8$ et celles du cœur seulement $0^{mg},6$; que des feuilles vertes de poirier, de prunier, de vigne, de carotte, de mâche, d'amandier, de navet, de lilas, de haricot, de figuier ont présenté des teneurs allant de $4^{mg},6$ à $2^{mg},5$, tandis que des feuilles de pissenlit presque étiolées ne contenaient plus que $0^{mg},4$ et des feuilles d'endive entièrement étiolées que $0^{mg},18$, chiffres toujours rapportés au kilogramme de matière fraîche.

3° Les graines donnent lieu, au sujet de leur richesse relative en titane, à des observations tout à fait comparables à celles qui ont été faites au sujet du zinc ([2]). Dans les céréales, par exemple (seigle, froment, orge, avoine, maïs), où il y a de $0^{mg},7$ à $1^{mg},5$ de titane par kilogramme de grains entiers, presque tout le métal est localisé dans les téguments. Le son de froment renferme $4^{mg},5$ de titane, tandis que la farine (à 76,5 pour 100 d'extraction) n'en contient plus que $0^{mg},3$. Le son de riz offre une teneur de 25^{mg} de titane par kilogramme, mais l'amande de riz préparé, le riz poli, est si pauvre qu'il ne nous a pas donné de réaction positive en opérant sur 50^{g}.

Le sarrazin ($2^{mg},7$), les légumineuses (pois, haricot, lentille, vesce, jusqu'à 3^{mg}) sont plus riches que les céréales. Par contre, nous avons trouvé très peu de titane dans l'arachide, dans la noisette ($0^{mg},3$ et $0^{mg},4$, téguments compris) et nous n'avons pu le déceler dans les cotylédons de la noix ou du cacao.

4° Les parenchymes, qui servent surtout à l'emmagasinement des réserves, sont assez pauvres en titane. C'est ainsi que dans les racines alimentaires du radis rose, de la carotte, du panais et du navet, il n'y a que

([1]) Gab. Bertrand et B. Benzon, *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1098, ou (avec tableau des résultats) *Bull. Soc. chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 168.

([2]) Gab. Bertrand et B. Benzon, *loc. cit.*

de $0^{mg},3$ à $0^{mg},5$ de titane par kilogramme frais; dans le tubercule de la pomme de terre de Hollande $0^{mg},06$, dans la chair comestible de l'orange, de la poire, de la prune, de la pomme, de l'abricot, que de $0^{mg},06$ à $0^{mg},3$, toujours par kilogramme de substance fraîche.

Cependant les bulbes de l'oignon et de l'ail, formés il est vrai de feuilles modifiées, ont présenté des teneurs de $0^{mg},8$ et de $2^{mg},2$.

5° Dans la partie aérienne de plantes annuelles entières, récoltées au moment de la floraison, la proportion de titane est voisine du milligramme par kilogramme à l'état frais; par exemple, dans le trèfle rouge, le maïs et le colza $0^{mg},4$, dans le pois $0^{mg},6$, dans la luzerne $0^{mg},7$, dans l'avoine et le sarrazin $0^{mg},8$, dans l'oseille $1^{mg},0$, dans le froment $1^{mg},3$.

Si donc le titane est un élément physiologique, comme le fer et le manganèse, c'est à la concentration du millionième environ du poids de la matière vivante qu'il intervient dans les phénomènes nutritifs des plantes phanérogames.

GÉOGRAPHIE. — *Antarctide Sud-Américaine.* Note (¹) de M. J.-B. Charcot.

L'aviation a transformé l'exploration polaire et en particulier celle de l'Antarctique; les résultats que l'on est en droit d'escompter sont incalculables.

Ceux obtenus par l'Américain Byrd qui hiverne actuellement dans la région de la barrière de Ross, illustrée par ce navigateur anglais, ses compatriotes Scott et Shackleton et le Norvégien Amundsen, sont déjà remarquables et ouvrent la porte à toutes les espérances.

De son côté l'Australien Sir Hubert Wilkins prenant pour base l'île Deception, centre baleinier des Shetlands du Sud, effectua récemment deux vols aussi hardis qu'admirablement conçus et exécutés.

Le premier eut lieu le 20 décembre 1928, dura 5 heures et 25 minutes et couvrit 1200 milles; le second, accompli le 10 janvier 1929, permit de vérifier et de compléter le premier.

Ces exploits intéressent tout particulièrement notre pays. En effet la région à laquelle s'est adressé Wilkins est l'Antarctide Sud-Américaine ou Terre de Graham, explorée en 1838 par l'expédition de Dumont-d'Ur-

---

(¹) Séance du 29 avril 1929.

ville, puis en 1903-1905 et 1908-1910 par celles du *Français* et du *Pourquoi-Pas ?* patronnées par l'Académie des Sciences, qui continuèrent les remarquables travaux du navigateur belge A. de Gerlache, précurseur de toutes les explorations antarctiques modernes.

Les cartes ci-après montrent suffisamment la suite historique des recherches effectuées dans cette région et les modifications qui en résultèrent. Nous nous contenterons de souligner que, grâce aux vols récents de Wilkins, on voit un chenal qui aboutit à notre baie Matha puis un détroit dont la rive droite débouche à 30 milles au sud du cap Sud de la Terre Fallières, tandis que sa rive Sud se continue avec la Terre Charcot; ainsi se trouvent formées la Terre de Graham Nord et la Terre de Graham Sud.



Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Mais comme « on ne doit pas défendre aux gens de bien d'espérer honneurs de leurs vertueux faits » (¹), surtout lorsque la réputation de leur pays en bénéficie, nous remarquons avec satisfaction que l'exactitude des cartes rapportées par notre expédition est non seulement incontestée, mais encore confirmée.

Le mérite en revient aux officiers de la Marine nationale, MM. Matha et Rey, secondés par leurs camarades de l'État-Major Pléneau, Gourdon, Turquet en 1903-1905, et MM. Bongrain, Godfroy et Rouch, secondés par Gain, Gourdon, Liouville, Senouque en 1908-1910 et des équipages

(¹) Amyot.

d'élite. La cartographie est complétée par des plans, des sondages et une suite ininterrompue de vues des côtes.

Un publiciste de notre pays reproduit dans un important et sérieux hebdomadaire illustré deux cartes montrant la Terre de Graham avant, puis après l'exploration de Wilkins; il a effacé tous les noms français donnés par les récentes expéditions françaises à leurs découvertes et en a même écarté une des plus importantes. Cette conception un peu spéciale de la vérité et de la fierté nationale ne sera vraisemblablement pas adoptée par nos géographes qualifiés.



Fig. 4.

Il est en tous les cas agréable de constater que déjà les Américains nous rendent justice en reconnaissant définitivement les découvertes de notre pays. La *Geographical Review de New-York* (¹) va même plus loin en disant que les résultats obtenus par Wilkins permettent une conclusion inattendue : les Anglais jusqu'alors avaient le droit de considérer que la priorité de la découverte du Continent Antarctique revenait à leur compatriote Bransfield qui avait relevé le nord de la Terre de Graham; mais puisque cette terre est maintenant séparée du Continent, cet honneur revient au

(¹) *Geographical Review Published by the American Geographical Society of New-York*, avril 1929, p. 307.

navigateur qui releva la Terre Adélie [1], y débarqua et même adoptant le protocole classique, en prit possession au nom du roi de France.

Dumont-d'Urville, explorateur et amiral français, deviendrait ainsi le « découvreur » du Continent Antarctique.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur les essais de traction à chaud.* Note [2] de MM. **Léon Guillet, Jean Galibourg et Michel Samsoen.**

Nous exposons dans cette Note les premiers résultats de nos recherches sur la résistance à la traction des aciers, à température élevée.

Cette première série a été effectuée à 450°. Le dispositif adopté est une modification de l'élasticimètre à miroirs de Martens. La modification consiste à rejeter hors de la partie calibrée de l'éprouvette et hors du four entourant cette partie calibrée la petite pièce prismatique à angles vifs portant les miroirs.

La figure 1 représente l'élasticimètre en place sur l'éprouvette. La figure 2 montre une variante de la forme de l'éprouvette nécessitant moins de métal. Les quatre tiges verticales sont en alliage nickel-chrome-fer. Les couteaux terminant ces tiges à leur partie supérieure sont en acier à coupe rapide ainsi que les ressorts serrant ces couteaux contre les repères tracés sur l'éprouvette à 70^{mm} l'un de l'autre.

L'élasticimètre multiplie les allongements par 500. On peut aisément apprécier dans les lunettes le demi-millimètre lu, la précision des mesures est donc de l'ordre du millième de millimètre, c'est-à-dire $\frac{1}{700}$ pour 100.

L'éprouvette est fixée par un joint à rotule sur un chevalet en fer assemblé scellé au mur du laboratoire. La tête inférieure de l'éprouvette est attachée en un point d'un levier s'appuyant à une extrémité sur le bâti de la machine et portant à l'autre extrémité des masses déterminées par pesées.

Le levier multiplie les charges par 10. L'éprouvette est chauffée au moyen d'un four électrique à résistance d'une longueur égale à trois fois environ la longueur de la partie calibrée de l'éprouvette. La température est maintenue constante au moyen d'un régulateur automatique de courant commandé par un couple thermo-électrique placé dans le four. En outre, trois autres

---

[1] L'explorateur australien Sir Douglas Nawson, lors de sa magnifique expédition dans cette région, a rendu pleine justice à Dumont-d'Urville.

[2] Séance du 29 avril 1929.

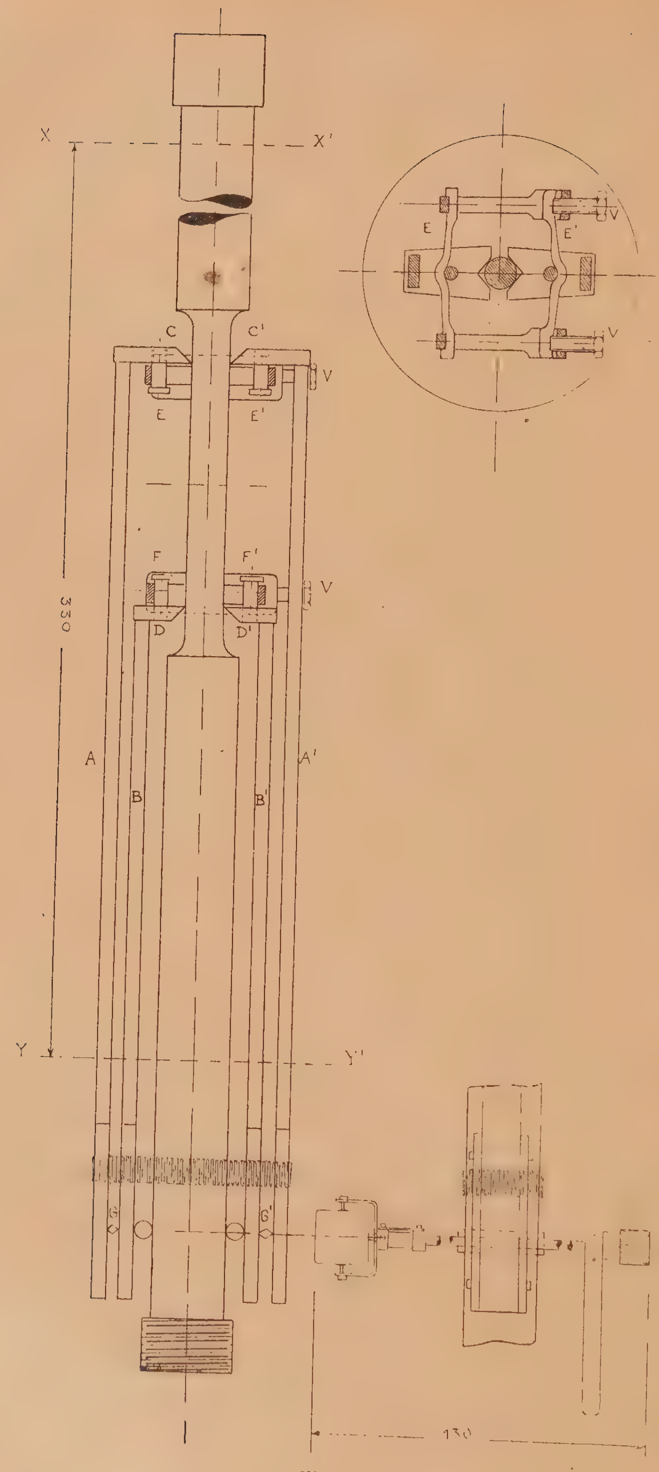


Fig. 1.

couples thermo-électriques ont été placés à des hauteurs différentes de la partie calibrée de l'éprouvette.

Dans ces conditions la température oscillait entre $450° + 3°$ et $450° - 3°$. Les lectures de l'élasticimètre étaient effectuées quand le four passait par la température maximum.

On a procédé par charges croissantes, chaque charge étant maintenue constante pendant un temps suffisant pour vérifier qu'aucun allongement

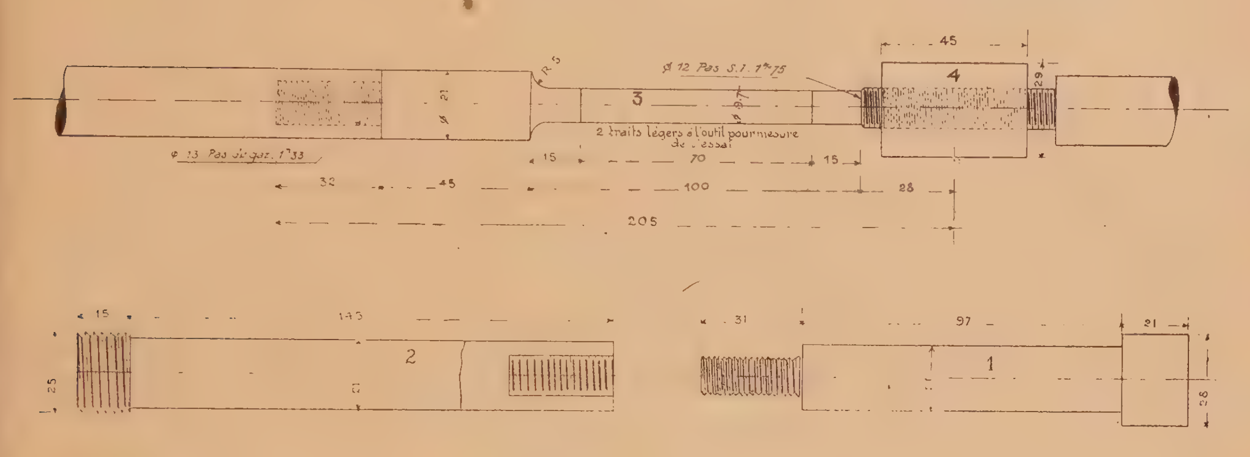


Fig. 2.

ne se produit en fonction du temps ou que la vitesse d'allongement devient nulle ou prend une valeur constante.

Les essais effectués ont permis de déterminer :

1° La limite des allongements instantanés proportionnels aux efforts.

En passant d'une charge à une charge plus élevée, on observe un allongement instantané, qui, pour des charges comprises entre zéro et une certaine limite, est proportionnel à la surcharge qui vient d'être appliquée, et n'est plus proportionnel pour des charges supérieures à cette limite.

2° La limite des allongements instantanés sans écoulement en fonction du temps.

Après l'allongement instantané, si la charge est supérieure à une valeur limite, et qu'on laisse l'éprouvette sous cette charge, l'allongement se poursuit pendant quelque temps puis s'arrête.

3° La limite des écoulements limités.

L'éprouvette, maintenue sous une charge supérieure à cette limite, s'allonge indéfiniment.

4° Le module d'élasticité.

Le tableau résume les résultats obtenus sur une série d'aciers au carbone. Chaque limite est représentée par deux nombres; le nombre minimum pour lequel la limite n'était certainement pas atteinte, le nombre maximum pour lequel cette limite était certainement dépassée.

On voit que la première limite de déformation rencontrée, quand on fait croître les charges, varie pour les aciers ordinaires forgés dans le même sens que la teneur en carbone.

L'acier coulé à 0, 28 pour 100 de carbone possède une limite élastique plus élevée que les trois aciers forgés, peut-être en raison de sa plus forte teneur en silicium.

Nous comptons exposer ultérieurement les résultats des essais en cours sur les aciers spéciaux.

Désignation arbitraire des aciers.	Composition chimique.					Limite des allongements instantanés proportionnels aux efforts.		Limite des allongements instantanés sans écoulements.		Limite des écoulements limités.		Dureté Brinell Δ.	
	C.	Mn.	S.	P.	Si.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	d (mm).	Δ.
A....	0,115	0,56	0,030	0,022	0,06	9,05	10,75	5,60	6,48	8,15	10,75	5,65	110
B....	0,22	0,63	0,034	0,018	0,20	6,77	10,23	6,77	10,23	10,23	13,68	5,19	131
C....	0,42	0,58	0,032	0,025	0,018	8,50	9,52	8,50	10,23	10,23	13,00	4,76	159
D....	0,28	0,55	0,030	0,028	0,35	11,20	12,50	9,05	10,10	15,95	pas atteinte	5,11	137
						11,80	12,50	9,05	9,50	15,95	19,40	–	–

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante; son explosion par choc.* Note (¹) de M. **E. Mathias.**

La matière fulminante étant endothermique, à l'exemple de Marcelin Berthelot, on doit pouvoir prouver son pouvoir explosif par un simple choc, dans des conditions convenables.

Cas de gros globes. — *a.* « Au rapport de Jos.-Mar. Bachetonus, un violent orage éclata sur Bologne, le 21 juillet 1745, et la foudre frappa une tour attenant à un monastère de femmes. Or, suivant plusieurs témoins dignes de foi, la foudre sortit d'une excavation souterraine où se rendaient les eaux de la voie publique sous la forme d'*un énorme globe de feu* qui prit

(¹) Séance du 29 avril 1929.

sa course au-dessus de la surface du sol *et se jeta bientôt avec furie sur la tour mentionnée dont une grande partie s'écroula* » [1].

b. « Vers 2^h de l'après-midi du 12 mars 1909, à Sermoneta, entre Velletri et Terracina, *un globe rouge d'environ* 40^{cm} *se lança* contre la tour du château Caetani et y fit une crevasse de 10^m . . . » [2].

Cas de globes plus petits. — Récit du docteur Mario Otto.

c. « Le temps était à l'orage. De larges gouttes de pluie commençaient à tomber. Mon père et ses amis déjeunaient dans une des salles de l'*Hôtel des Gorges-du-Loup*, près de Nice, dont la fenêtre était ouverte. Soudain, poussé par une rafale, *un globe de feu de* 20^{cm} *environ de diamètre* pénétra dans la pièce où étaient les convives. Pareil à une bulle de savon légère, le globe de feu se balançait doucement et paraissant flotter dans l'atmosphère fit le tour de la pièce sans toucher à aucun objet. Emporté par le courant d'air, il ressortit par la fenêtre avant que mon père et ses amis, en proie à une émotion bien légitime, aient pu essayer de fuir. L'apparition avait duré cependant 10 secondes. Les convives suivirent du regard la boule mystérieuse. Chassée par le vent, elle franchit, en une minute, la distance qui sépare l'hôtel des rochers à pic qui surplombent le torrent du Loup. *Une explosion formidable retentit au moment où le météore heurta les rochers* » [3].

d. « M. Geoffroy Le Cadet apprit à l'Académie que, le 4 janvier (1717), en Quesnoy, le temps étant fort couvert, les nuages baissèrent au point qu'ils paraissaient toucher les maisons, qu'un tourbillon ou globe de feu parut dans le nuage au milieu de la place, *alla avec l'éclat d'un coup de canon se briser contre la Tour de l'Église* et se répandit sur la place comme une pluie de feu, après quoi *la même chose arriva encore au même lieu* » [4].

e. Le 17 septembre 1919, vers 21^h, M. Joseph Bouget, regardant de la rive droite de l'Adour, à Montgailhard, vers l'Ouest, aperçut un globe rouge cuivre, de la grosseur du verre dépoli d'une forte lampe à arc, à 50^m au-dessus du sol, illuminant fortement les arbres, le sol et les objets environnants. Il descendit vers la vallée de l'Adour jusqu'à la rive ouest du fleuve, bordé d'une rangée d'arbres; à ce moment, il tourna brusquement

---

(1) F. Sestier, *De la foudre, de ses formes, de ses effets*, **1**, p. 122, Paris, J.-B. Baillière et fils, 1866.

(2) I. Galli, *Gli effetti fisici e chimici*, etc., § **20**, p. 52 (Estratto dalle *Mém. d. Pont. Acc. Rom. d. Nuovi Lincei*, **30**, 1912).

(3) *La Nature*, **29**, 1901, 2e semestre, p. 361-362.

(4) *Histoire de l'Académie*, 1717, p. 8-9.

à angle droit vers le Sud. S'abaissant constamment, *il finit par heurter* la cime d'un arbre ; à ce moment il éclata avec un bruit formidable, comparable à celui de l'explosion d'une bombe.

f. De la description de M. Decharme du remarquable coup de foudre d'Amiens (24 février 1884), nous détachons le passage suivant :

« Dans une autre maison, . . . une domestique qui se trouvait au moment de l'éclair devant la porte ouverte de la cuisine donnant sur une cour, a vu une flamme de couleur blanc bleuâtre, *à contours peu nettement définis*, qui, venant du Sud-Ouest, s'est précipitée sur un tuyau de gouttière contigu à la porte. C'est donc à ses pieds que cette femme a vu tomber *la boule de feu*, dont la grosseur ne lui parut pas supérieure à celle d'un œuf. En atteignant le tuyau, la flamme a fait entendre un bruit aussi fort que celui d'un coup de fusil, ou mieux d'un coup de gros pétard. Il est à remarquer que du tuyau s'écoulait en ce moment une très grande quantité d'eau qui se rendait dans la rue par une longue conduite en fonte ([1]). »

Remarque. — Dans les exemples précédents, la détermination de l'explosion par le heurt qui l'a précédée n'est pas douteuse. On peut expliquer de deux façons l'explosion, ou bien en assimilant le choc à celui de deux solides, ce qui n'est guère satisfaisant vu que la matière fulminante est un explosif gazeux, d'une masse faible sensiblement égale à celle de l'air qu'elle déplace.

Il semble plus satisfaisant de remarquer que le choc d'un globe fulminant contre un obstacle solide grossièrement plan *aplatit* le globe contre l'obstacle, d'autant plus complètement que le choc est plus violent, c'est-à-dire que la vitesse est plus grande. Il se produit alors, par contact direct de la matière incandescente avec un corps à la température ordinaire, un refroidissement intense d'un nombre énorme de molécules, qui, descendues au-dessous de la température de stabilité sous la pression atmosphérique, explosent toutes à la fois. Si le globe est gros, la température centrale est peu différente de la température superficielle et l'ébranlement d'un nombre immense de molécules superficielles détermine de proche en proche celui des molécules profondes, en faisant exploser le tout dans un temps très court.

Si le globe est petit, la température centrale peut être très différente de la température superficielle, les molécules centrales étant en état de stabilité. Alors, les molécules refroidies par le choc explosent *et font rebondir*, par réaction, la foudre globulaire sans déterminer son explosion totale.

([1]) E. MATHIAS, *La foudre*, etc. (*Ann. des P.T.T.*, 16, nov. 1927, p. 987.

Autre remarque. — Si vraiment un choc convenable peut amener à exploser une matière fulminante déjà un peu refroidie et qui commence à se décomposer, il y a un moyen simple de la détruire à distance : *c'est de tirer dessus avec une arme à feu*, par exemple avec un fusil de chasse chargé avec du gros plomb.

Considérons, en particulier, le cas des grosses foudres qui, sorties de la mer, viennent fondre sur les vaisseaux et terrifier leurs équipages. Ces foudres ont au moins cette particularité qu'on les voit venir de loin et qu'elles sont aussitôt signalées par *l'homme ou l'officier de quart.* Si elles se dirigent sur le navire, rien n'empêche, selon leur grosseur, de tirer dessus avec des canons-revolvers ou des mitrailleuses, c'est-à-dire de les traiter comme des trombes dangereuses.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur un nouveau spirochète d'un cas de fièvre récurrente du Maroc.* Note de MM. **Charles Nicolle**, **Charles Anderson** et **Pierre Hornus**.

Ce nouveau spirochète récurrent a été isolé du sang d'un Européen de Bou Znika.

1° L'infection, présentée par le malade, a revêtu les caractères ordinaires aux spirochétoses transmises par les tiques : longue durée, nombre des accès (huit), résistance au traitement arsenical.

2° Le nouveau spirochète est pathogène pour le cobaye auquel il donne une récurrente fébrile. La présence des spirochètes dans le sang ne dépasse pas cependant d'ordinaire une vingtaine de jours. En dehors du cobaye, animal qui convient le mieux pour assurer l'entretien du virus, le spirochète est pathogène pour le rat blanc, la souris blanche, *Mus spretus* et pour le singe.

3° Par son fort pouvoir pathogène vis-à-vis du cobaye, le nouveau spirochète appartient au groupe dans lequel nous avons rangé déjà *Sp. hispanicum* de la récurrente d'Espagne, *Sp. hispanicum* variété *marocanum*, isolé par nous d'ornithodores du Maroc capturés à Mansouria, et aussi un spirochète dont l'aire géographique est éloignée, *Sp. sogdianum* du Turkestan russe, transmis par *Orn. papillipes*.

4° Une première atteinte de spirochétose due au nouveau spirochète laisse à sa suite une immunité, vis-à-vis de lui-même, d'une durée d'un mois au moins. Elle confère, vis-à-vis du virus espagnol, une immunité complète

pour quinze jours et presque complète pour un mois; par contre, le spirochète espagnol ne confère tout au plus qu'un certain degré de résistance contre le nouveau spirochète. Ce dernier ne vaccine pas contre celui de Mansouria et celui de Mansouria ne vaccine pas contre lui.

5° Le sérum des animaux guéris de l'infection due au nouveau spirochète agglutine fortement ce spirochète; il agglutine incomplètement l'espagnol et pas le spirochète de Mansouria. Le sérum des animaux, guéris du virus espagnol, agglutine fortement le spirochète espagnol et nettement le nouveau spirochète; il est sans action sur celui de Mansouria. Le sérum Mansouria agglutine fortement le spirochète de Mansouria, incomplètement le nouveau spirochète, non l'espagnol.

6° Par ces réactions croisées, le nouveau spirochète s'apparente nettement au spirochète espagnol, tandis qu'il se montre plus éloigné du spirochète de Mansouria. Le fait paraîtra singulier si l'on remarque que ces deux derniers spirochètes ont été isolés de localités marocaines voisines d'une douzaine de kilomètres.

7° Il n'est pas douteux que l'agent de transmission naturel du nouveau spirochète soit *Ornithodorus marocanus*. On sait que le spirochète espagnol est susceptible expérimentalement d'une adaptation incomplète au pou. Nous n'avons pu, dans une expérience unique, obtenir avec le nouveau spirochète une adaptation pareille. Même résultat négatif avec le spirochète de Mansouria.

8° Nous connaissons déjà trois spirochètes récurrents marocains transmis par les Ornithodores, les deux dont nous venons de parler et un autre échantillon que P. Delanoë a isolé d'un terrier de porc-épic et dont il fait présentement l'étude. Or ces trois spirochètes d'une même région, transmis dans la nature par une même tique et appartenant au même groupe, ne se montrent cependant pas rigoureusement identiques; bien plus, l'un d'eux, le spirochète qui fait l'objet de cette Note, s'apparente plus avec le spirochète espagnol qu'avec son voisin de Mansouria.

Cette tendance à l'individualisation, qui est générale chez les spirochètes et que nous retrouvons si bien marquée chez ceux du Maroc, comporte un double enseignement.

a. Dans les recherches qui seront faites ultérieurement sur les spirochètes récurrents du Maroc, on ne devra attacher qu'une importance très secondaire aux différences que pourront indiquer entre eux les réactions sérologiques et d'immunité. La constatation de réactions communes n'aurait guère plus de signification. Il est bien évident que tous les spirochètes

récurrents, transmis par *Orn. marocanus* et que caractérise d'autre part un pouvoir hautement pathogène pour le cobaye, appartiennent à un même groupe. Pousser plus loin ne serait d'aucune utilité pratique et risquerait de conduire à des conclusions tendancieuses.

b. Pour la même raison, nous estimons vaine toute étiquette donnée à un spirochète récurrent marocain particulier du même groupe. Aussi, rangeant tous les spirochètes récurrents marocains pathogènes pour le cobaye et que nous transmet *Orn. marocanus* sous le vocable commun *Sp. hispanicum*, nous désignerons simplement le spirochète des Ornithodores de Mansouria sous le nom de variété *marocanum* de Mansouria et le nouveau spirochète sous le nom de variété *marocanum* de Bou Znika.

Si l'on ne se résout pas à cette simplification, la nomenclature des spirochètes marocains deviendra vite une collection d'étiquettes sans nombre et derrière lesquelles il n'y aura rien, un musée réduit aux étiquettes; et, ce que nous disons des spirochètes du Maroc est également vrai de tous (ou presque tous) les spirochètes. Il faut reconnaître ce que nous montre la nature, la tendance générale de ces êtres à former autant de types que d'individus. Considérons donc les spirochètes comme constituant des *groupes* naturels et ne cherchons plus, avec eux, les limites illusoires des espèces.

M. **P. Janet** fait hommage à l'Académie d'une brochure intitulée *Cérémonies à l'occasion de la prise de possession de la maison de* A.-M. Ampère *à Poleymieux, par la* Société française des Électriciens, *le* 2 *juin* 1928.

M. **J.-B. Charcot** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage qu'il vient de publier sous le titre *La mer du Groenland. Croisières du « Pourquoi-Pas »*.

NOMINATIONS.

M. **Charles Richet** est désigné pour représenter l'Académie au premier *Congrès international d'Aviation sanitaire*, qui se tiendra à Paris du 14 au 19 mai de cette année, sous la présidence d'honneur du Maréchal *Lyautey*.

PLIS CACHETÉS.

M. **Marcel Jobelot** demande l'ouverture de trois plis cachetés reçus dans les séances du 24 septembre et 15 octobre 1928, 28 janvier 1929 et inscrits sous les nos 10049, 10056, 10113.

Ces plis, ouverts en séance par M. le Président, renferment des Notes intitulées :

— *Méthode d'évolution en groupements.*

— *La méthode d'évolution.*

— *La vie atmosphérique. Répartition des pluies à Paris en* 1928. *Hauteur d'eau en une minute des pluies d'altostratus (pluies continues et pluies intermittentes), des averses orageuses, des ondées, d'après l'évolution des nuages.*

(Renvoi à l'examen de M. M. Brillouin.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique (comprenant la plupart des plantes d'Europe)*, par Gaston Bonnier. Tome dixième, par Robert Douin. (Présenté par M. M. Molliard.)

2° *Esquisse géologique du Congo occidental. Étude du système schisto-calcaire*, par F. Delhaye et M. Pluis. Carte de $122^{cm} \times 126^{cm}$.

3° *Précis d'analyse chimique*, par Marcel Boll et Jacques Leroide. Tome III. *Recherche et dosage des anions.* (Présenté par M. G. Urbain.)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur des formes d'extension du critérium de Bienaymé-Tchebycheff.* Note de M. **Constant Lurquin**, transmise par M. Émile Borel.

1. En 1867, Tchebycheff a donné un critérium de probabilité [1] simple et fécond se rapportant aux limites entre lesquelles reste comprise une

(1) Tchebycheff, *Des valeurs moyennes* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 2e série, 12, 1867, p. 177).

somme de variables éventuelles. Mais, dès 1853, Bienaymé avait fait connaître la méthode des valeurs moyennes; son important Mémoire [1] contient implicitement le théorème de Tchebycheff.

Le critérium de probabilité de Bienaymé-Tchebycheff a été généralisé dans plusieurs voies. Il a été étendu aux écarts moyens de degré supérieur; d'autre part, l'intervalle $\left[1-\frac{1}{\lambda^n}, 1\right]$ $(\lambda > 1)$ qu'il assigne et auquel appartient la probabilité qu'une valeur du module des écarts simples pour les variables éventuelles reste inférieure ou égale à un multiple de l'écart moyen de degré n a été considérablement réduit. Enfin, une limite supérieure a été calculée pour la probabilité au sens de Tchebycheff donnant ainsi un nouvel intervalle pour sa mesure approximative.

2. Mais la généralisation peut être envisagée d'une manière toute différente. On peut concevoir une structure spéciale dans la répartition des valeurs possibles pour les variables éventuelles en jeu. Considérons d'abord la forme binaire d'extension. Soient m variables éventuelles $x_1, x_2, \ldots, x_m$ susceptibles de prendre chacune une série de couples de valeurs.

$$[\alpha(i)\beta(i)] \qquad (i=1, 2, \ldots, m)$$

avec leurs probabilités respectives. S'il est logique de supposer que les séries sont indépendantes entre elles, il convient, par contre, de considérer la double hypothèse de l'indépendance et de la dépendance des couples de valeurs d'une même série. L'ensemble des nouvelles variables éventuelles

$$\alpha=\sum_{i}^{m}{}_{1}\,\alpha(i), \qquad \beta=\sum_{i}^{m}{}_{1}\,\beta(i)$$

donne lieu à une interprétation géométrique commode. Le calcul des valeurs moyennes A_α, A_β, B_α, B_β, $C_{\alpha\beta}$ de α, β, α^2, β^2, $\alpha\beta$ ne présente aucune difficulté. Il en résulte pour l'extension du critérium de Bienaymé-Tchebycheff un double énoncé algébrique et géométrique dont voici la seconde partie.

Considérons, d'accord avec les données et hypothèses antérieures, une variable $x=\sum_{i=1}^{m} x_i$ relative au point somme $O=\Sigma O_i$ de coordonnées α et β

---

[1] Bienaymé, *Considérations à l'appui de la découverte de Laplace sur la loi de probabilité dans la méthode des moindres carrés* (*Comptes rendus*, **37**, 1853, p. 309, et réimpression dans le *Journal de Mathématiques pures et appliquées de Liouville*, 2e série, **12**, 1867, p. 158). — C. Lurquin, *Sur une proposition fondamentale de probabilité* (*Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 306).

avec leurs séries correspondantes de couples de valeurs. La probabilité que le point O soit à l'intérieur de l'ellipse

$$L(\alpha - A_\alpha)^2 + 2M(\alpha - A_\alpha)(\beta - A_\beta) + N(\beta - A_\beta)^2$$
$$= \lambda^2[L(B_\alpha - A_\alpha^2) + N(B_\beta - A_\beta^2)]$$

est plus grande que $1 - \frac{1}{\lambda^2}$.

Les conditions $L > 0$; $LN - M^2 > 0$; $\lambda > 1$ sont implicitement remplies. Si les valeurs des α et β sont dépendantes, il en résulte une déformation correspondante de l'ellipse par la présence d'un terme constant additionnel. Si $L = N = 1$ et $M = 0$ l'ellipse devient un cercle.

3. On passe logiquement à une généralisation totale qu'on peut indiquer comme suit.

Si m variables éventuelles x_i $(i = 1, 2, \ldots, m)$ sont susceptibles de prendre chacune une série de valeurs formée de n éléments $\alpha, \beta, \ldots, \omega$ de la forme $[\alpha(i)\beta(i)\ldots\omega(i)]$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ avec leurs probabilités respectives et si $A_\alpha, \ldots, B_\alpha, \ldots, C_{\alpha\beta}, \ldots$ sont les valeurs moyennes de $\alpha, \beta, \ldots$ de leurs carrés et de leurs produits, la probabilité pour que la somme $\alpha + \beta + \ldots + \omega$ soit comprise entre les limites

$$A_\alpha + A_\beta + \ldots + A_\omega + t\sqrt{B_\alpha + \ldots + B_\omega - A_\alpha^2 - \ldots - A_\omega^2}$$
et
$$A_\alpha + A_\beta + \ldots + A_\omega - t\sqrt{B_\alpha + \ldots + B_\omega - A_\alpha^2 - \ldots - A_\omega^2}$$

est supérieure à

$$1 - \frac{1}{t^2} \qquad (t > 1).$$

Quant à la variété géométrique correspondante elle se présente comme une surface normale du second degré dans l'espace à n dimensions.

GÉOMÉTRIE. — *Un problème de couvercle.* Note de M. J. **Favard**, présentée par M. Hadamard.

Il s'agit du problème suivant :

Quel est le plus petit cercle à l'intérieur duquel on puisse mettre toutes les courbes planes convexes fermées de longueur L *et de surface* S *données ?*

La réponse est la suivante : *le cercle demandé est circonscrit à la lentille symétrique (figure commune à deux cercles sécants de rayons égaux) de longueur* L *et de surface* S $(4\pi S \leq L^2)$.

Soit (C) une courbe convexe fermée dont le cercle circonscrit a pour rayon R ; si ce cercle a seulement deux points communs avec (C), ces deux points sont diamétralement opposés, s'il en a plus de deux ; on peut en déterminer trois au moins qui forment un triangle non obtusangle. Soit ρ le rayon d'un cercle concentrique et non intérieur au cercle circonscrit ($\rho \geq R$) : nous allons d'abord chercher le minimum de la quantité

$$\rho L - S.$$

Supposons d'abord que (C) soit un polygone dont le contour n'a que deux points communs α et β avec le cercle circonscrit ; la droite $\alpha\beta$ divise le plan en demi-plans que nous appellerons l'un demi-plan supérieur, l'autre le demi-plan inférieur ; la longueur d'un côté du polygone sera désignée par a et h désignera la distance de ce côté au centre du cercle de sorte que $\Sigma a = L$ et $\frac{1}{2} \Sigma ha = S$.

Cela posé, faisons subir à chaque côté situé dans le demi-plan supérieur (inférieur), perpendiculairement à la direction $\alpha\beta$, une translation qui amènera la droite qui le porte à être tangente au cercle de rayon ρ en un point situé dans le demi-plan supérieur (inférieur). Au cours de ce déplacement le côté a balayé un parallélogramme d'aire $(\rho - h)a$ et l'aire de la nouvelle figure non convexe obtenue est

$$\Sigma(\rho - h)a + S = \rho L - S.$$

Cette aire est certainement supérieure à l'aire $A(\rho)$ découpée dans le cercle de rayon ρ par les deux tangentes au cercle de rayon R en α et β.

Si le polygone a trois points communs α, β, γ avec son cercle circonscrit qui forment un triangle acutangle, nous ferons subir à chaque côté situé dans le demi-plan déterminé par $\alpha\beta$ ($\beta\gamma$; $\gamma\alpha$) qui ne contient pas γ (α ; β) une translation de direction perpendiculaire à $\alpha\beta$ ($\beta\gamma$; $\gamma\alpha$) de façon à amener la droite qui le porte à être tangente au cercle de rayon ρ en un point qui n'est pas du même côté que γ (α ; β) par rapport à $\alpha\beta$ ($\beta\gamma$; $\gamma\alpha$). La nouvelle aire obtenue aura aussi pour valeur $\rho L - S$ et elle sera supérieure à une aire facile à calculer quand on connaît les trois points α, β, γ ; on montre d'ailleurs que cette aire est toujours supérieure à $A(\rho)$.

Dans le cas général où (C) n'est pas un polygone il suffira de déplacer chaque droite d'appui de (C) parallèlement à elle-même de façon à l'amener à être tangente au cercle de rayon ρ et de déplacer aussi son point d'appui suivant les règles précédentes.

Pour toutes les courbes (C), on a donc,

$$\rho L - S \geqq A(\rho)$$

et l'on voit que l'égalité ne peut avoir lieu que si (C) est la lentille commune à deux cercles de rayons ρ et de diamètre 2π.

Entre le rayon du cercle circonscrit à une courbe convexe, sa longueur et sa surface on parvient ainsi à l'inégalité

$$(1) \qquad f(R, L, S, \theta) = (\sin 2\theta + 2\theta) R^2 - \sin\theta RL + S \sin^2\theta \leqq 0$$

valable quel que soit θ compris entre o et $\frac{\pi}{2}$ (¹) $\left(0 \leqq \theta \leqq \frac{\pi}{2}\right)$. On se rend d'autre part aisément compte que la quantité $\frac{L}{2\pi}$ ($\leqq R$) est toujours comprise entre les racines de l'équation du second degré en R : $f(R, L, S, \theta) = 0$. Si L et S sont données, R ne dépassera donc pas le minimum de la plus grande racine de cette équation lorsque θ varie de o à $\frac{\pi}{2}$, ce minimum est déterminé par

$$R^2 = \frac{L^2 \sin^2\theta}{16\theta^2} = \frac{LS \sin^2\theta}{2\theta - \sin 2\theta}$$

et la lentille symétrique de longueur L et de surface S a effectivement pour diamètre le double de ce minimum.

Remarquons maintenant que les mêmes constructions sont valables dans toute bande indéfinie déterminée par deux droites parallèles qui s'appuient sur une courbe convexe : on peut donc remplacer dans (1) R par $\frac{B}{2}$, B désignant une largeur de (C), mais seule a de l'intérêt l'inégalité obtenue en prenant pour B le diamètre de la courbe, ainsi :

La plus petite bande dans laquelle on puisse faire tourner toutes les courbes convexes de longueur L *et de surface* S *données a pour largeur le diamètre de la lentille symétrique de longueur* L *et de surface* S.

M. Bonnesen a résolu (*loc. cit.*) le problème qui consiste à trouver le plus grand cercle qui peut être recouvert par toutes les courbes convexes de longueur et de surface données, ou bien la plus large bande telle qu'on puisse jouer avec une quelconque de ces courbes à un jeu analogue à celui

---

(¹) Pour $\theta = \frac{\pi}{2}$, une conséquence de cette inégalité est l'inégalité isopérimétrique classique et le procédé de démonstration est celui de M. Bonnesen [*Ueber eine Verschärfung des isoperimetrischen Ungleichheit des Kreises* ... (*Math. Annalen*, 84, 1921, p. 216-227)].

de l'aiguille de Buffon en étant sûr de gagner : la figure correspondante est le rectangle coiffé de deux demi-cercles.

Le maximum du rayon du cercle inscrit à une courbe convexe est évidemment $\frac{S}{2L}$; j'ai pu déterminer aussi le minimum de R en fonction de L et de S. Le résultat est le suivant : lorsque le rapport $\varepsilon = \frac{S}{L^2}$ est compris entre les rapports ε_{n-1} et $\varepsilon_n (\varepsilon_{n-1} < \varepsilon \leqq \varepsilon_n)$, relatifs aux polygones réguliers à $n - 1$ et n côtés (un diamètre étant considéré comme un polygone régulier à deux côtés), la figure qui fournit le minimum de R est un polygone à n côtés, parmi ceux-ci $n - 1$ au moins sont égaux et ce sont les plus grands.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Groupes de transformation et théorèmes géométriques*. Note de M. **Bertrand Gambier**.

1. Le but de cette Note est d'indiquer comment de simples énumérations permettent de prévoir certains théorèmes de géométrie; il faut remarquer que cette énumération ne suffit pas pour obtenir la démonstration; il peut même arriver qu'elle n'indique que le nombre des théorèmes et non leur énoncé; les exemples que je donne montrent néanmoins l'aide qu'elle apporte aux recherches.

2. Soit un ensemble E d'êtres mathématiques $e_1, e_2, \ldots$ à p paramètres s'échangeant entre eux par les transformations d'un groupe G continu à h paramètres; si $p \geqq h$, l'échange de e_1 en e_2 par les opérations de G n'est possible que s'il existe $p - h + k$ relations entre les paramètres de e_1 et ceux de e_2 et il y a, pour $k = 0$, un nombre fini de tels passages et, pour $k > 0$, ∞^k passages; à chaque élément e_1 sont attachés $p - h + k$ *invariants* et le nombre k peut s'obtenir en cherchant les passages de e_1 à e_1 lui-même; la discussion met en évidence certains éléments *exceptionnels* pour lesquels les $p - h + k$ invariants ne sont pas distincts. Si $p < h$, il y a de e_1 à e_2 ou de e_1 à e_1 ∞^{h-p+k} passages et c'est encore l'entier k qu'il faut déterminer. Nous verrons que le cas $k > 0$ n'est pas plus intéressant nécessairement que $k = 0$.

3. G étant le groupe des homographies de l'espace ($h = 15$), e_1 un système de quatre droites ($p = 16$), on a $k = 1$, les éléments exceptionnels étant les systèmes de droites tangentes à une même quadrique ou génératrices d'une même quadrique. Les courbes unicursales de degré m n'ayant que quatre points à plan osculateur stationnaire, chacun de ces plans

coupant la courbe en m points confondus, forment un autre ensemble E′ avec $p=16$, $k=0$; le *seul* invariant d'une telle courbe est le birapport ρ des t des points remarquables en jeu; mais le système des quatre tangentes remarquables (à supposer qu'elles ne soient pas génératrices d'une même quadrique) a *deux* invariants I_1, I_2; pour *m impair*, les quatre tangentes ne sont pas sur une même quadrique, donc $I_1 \neq I_2$ et ces deux invariants sont liés par *une* relation puisqu'ils sont fonctions du seul ρ : on a donc retrouvé ce résultat que j'ai déjà indiqué par une voie moins rapide mais plus instructive (*Comptes rendus*, 187, 1928, p. 391 et 749) : *bien que la donnée* a priori *des quatre tangentes remarquables équivaille à* 16 *conditions et que la courbe dépende aussi de* 16 *paramètres, il n'y a de solution effective que si la quatrième tangente appartient à un complexe particulier défini par la connaissance des trois premières. Pour m pair, les quatre tangentes en jeu sont génératrices d'une même quadrique.*

4. G étant toujours le groupe des homographies de l'espace, $e_1, e_2, \ldots$ sont chacun le total d'une quadrique Q et de deux coniques C, C′ tracées sur Q; $h=15$. *Pour évaluer k j'ai le droit de prendre comme* e_1 *particulier une quadrique de révolution et deux parallèles;* les rotations autour de l'axe donnent $k=1$; il y a donc *un* invariant. Je prends un autre ensemble E′, l'élément e'_1 s'obtenant en adjoignant à e_1 une génératrice g de Q, $h=16$, $k=0$ (par le même procédé); il y a *un* invariant I qui est le *même* pour e_1 ou e'_1; or pour e_1, il est clair que cet invariant est le birapport des plans de C et C′ et des plans tangents à Q menés par la droite commune aux plans de C et C′; pour e'_1, c'est le birapport des plans tangents à Q aux points où g perce C et C′ et des plans contenant g et les points communs à C et C′; ces deux birapports sont dans une relation simple (égalité). Si l'on prend le système e''_1 formé de C, C′ et d'un point M *totalement arbitraire*, on a $h=17$, $k=0$; il y a *deux* invariants I_1, I_2, à savoir les birapports sur l'un ou l'autre cône de sommet M et directrice C ou C′ des quatre génératrices communes; si M décrit la quadrique Q, il y a nécessairement une relation entre I, I_1, I_2 (à savoir $I = I_1 : I_2$). Nous avons ainsi retrouvé, *quantitativement*, les résultats élégants signalés par M. E. Halphen, puis par MM. Hadamard, Lévy et De Franchis (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 844 et 1026).

5. Avec le même G, e_1 est formé d'une quadrique Q, d'une cubique gauche Γ tracée sur Q et d'un point M de Γ; $p=15$, $k=0$. *Il n'y a aucun invariant.* En M passe sur Q une génératrice g qui recoupe Γ en M′ : les plans osculateurs à Γ en M et M′, joints à Q, donnent l'invariant de M. E.

Halphen : *cet invariant est numérique; les deux plans sont conjugués par rapport à* Q. Ceci est lié à la propriété suivante : Γ *se conserve dans* ∞^3 *homographies, dont* ∞^2 *sont involutions biaxiales; sur chacune des* ∞^2 *quadriques contenant* Γ *on marque les deux génératrices* G *et* G′ *tangentes à* Γ *en* P *et* P′, *puis les génératrices de système opposé*, G_1 *et* G'_1 *issues de* P *et* P′; *l'involution biaxiale d'axes* G_1 *et* G'_1 *transforme* Γ *en elle-même, les droites joignant les points homologues engendrant* Q.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet généralisé; compléments relatifs au cas linéaire et au cas non linéaire.* Note de M. **Georges Giraud**.

Le système de Fredholm auquel une Note récente [1] ramenait la solution du problème de Dirichlet généralisé pour les équations linéaires, donne à lui seul la solution générale dans tous les cas, même si les valeurs données sur S sont nulles, sans intervention du système de Fredholm relatif au problème de Neumann extérieur; celui-ci et les systèmes analogues relatifs à l'équation adjointe n'interviennent que dans la démonstration. Un résultat de cette étude est que l'équation donnée et son adjointe admettent toujours le même nombre de solutions linéairement indépendantes nulles sur S et régulières dans D.

Ces résultats ont une répercussion immédiate sur l'étude des équations non linéaires [2]. On peut supposer que l'opération F(u) elle-même, ainsi que les valeurs données sur S, contiennent le paramètre t. Comme conditions de régularité [3], on suppose que les dérivées jusqu'au huitième

---

(1) *Compets rendus*, 188, 1929, p. 976. Voir aussi même volume, p. 765, où il y a lieu de faire la correction suivante :

Définition de Ψ, remplacer le second membre par $F\left[\sqrt{\frac{H(X, A; k)}{\Delta(A; k)}}\right]\frac{1}{\sqrt{\Delta(A; k)}}$.

(2) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 632; s'y reporter pour la notation (proposition III).

(3) Ces hypothèses, plus restrictives qu'il n'était dit dans le passage cité, ont pour cause la nécessité de prolonger quelque peu les $a_{\alpha,\beta}$ hors de D en respectant la continuité (L) de leurs dérivées jusqu'au troisième ordre; ce prolongement se fait à l'aide de polynomes du troisième degré en t_m, où t_m est une variable nulle sur S, les coefficients de ces polynomes dépendant des paramètres des points de S; cela exige, dans ces conditions, la continuité des dérivées sixièmes des $a_{\alpha,\beta}$ dans D, au moins aux points de S. Même observation pour les propositions II et V de la Note citée et pour les cas de simplification.

ordre de F, des coordonnées des points de S et des valeurs données sur S, par rapport aux variables autres que t, sont continues (L), ainsi que les fonctions elles-mêmes, par rapport à ces variables; par rapport à l'ensemble de ces variables et de t, il y a continuité; les déterminants fonctionnels des coordonnées des points de S ne s'annulent ensemble nulle part sur S. On suppose qne l'on connaît une solution u_0, relative à la valeur $t = t_0$, et continue dans $D + S$ ainsi que ses dérivées jusqu'au huitième ordre. Si l'on calcule, pour $u = u_0$ et $t = t_0$, les $a_{\alpha,\beta}$, b_α, c par les formules

$$a_{\alpha,\beta} = \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial p_{\alpha,\beta}} (\alpha \neq \beta), \qquad a_{\alpha,\alpha} = \frac{\partial F}{\partial p_{\alpha,\alpha}}, \qquad b_\alpha = \frac{\partial F}{\partial p_\alpha}, \qquad c = \frac{\partial F}{\partial u},$$

et si l'équation

$$\Sigma_{\alpha,\beta}\, a_{\alpha,\beta} \frac{\partial^2 v}{\partial x_\alpha \, \partial x_\beta} + \Sigma_\alpha\, b_\alpha \frac{\partial v}{\partial x_\alpha} + c v = 0 \tag{1}$$

n'a pas d'autre solution nulle sur S que la solution zéro, le problème relatif aux valeurs de t suffisamment voisines de t_0 a une solution u et une seule telle que $u - u_0$ et ses dérivées jusqu'au huitième ordre tendent vers zéro quand t tend vers t_0.

Dans certains cas, ce théorème permettra d'affirmer la solubilité du problème pour des valeurs de t non infiniment voisines de t_0 : il suffit pour cela qu'on soit dans un cas où l'hypothèse relative à l'équation (1) est toujours satisfaite (par exemple le cas $c \leq 0$, $a_{\alpha,\alpha} > 0$) et qu'en outre on ait des limitations de u et de ses dérivées jusqu'au huitième ordre, ces limitations étant indépendantes de t et étant telles que l'on ne sorte pas d'une région bornée d'un champ où soient remplies les hypothèses sur F.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains polynomes de Tchebycheff.* Note de M. A. **Angelesco**, transmise par M. Émile Borel.

Dans un problème d'interpolation, Tchebycheff a rencontré une suite finie de polynomes, qu'il a étudiée dans un grand nombre de Mémoires. Ce sont les polynomes

$$P_n(x) = x^n + c_1 x^{n-1} + c_2 x^{n-2} + \ldots + c_n,$$

définis par les conditions

$$\lambda_1 a_1^i P_n(a_1) + \lambda_2 a_2^i P_n(a_2) + \ldots + \lambda_p a_p P_n(a_p) = 0,$$

où $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_p$ sont des coefficients positifs, $n < p$ et $i = 0, 1, \ldots, n-1$.

Tchebycheff démontre que ces polynomes ont leurs racines réelles, mais en supposant $a_1 < a_2 < \ldots < a_n$, on peut préciser que dans un intervalle (a_k, a_{k+1}) il ne peut y avoir qu'une racine au plus de l'équation $P_n(x) = 0$. En effet, on a la proposition suivante, facile à établir :

$f(x)$ étant une fonction continue qui satisfait aux n conditions

$$\lambda_1 a_1^i f(a_1) + \lambda_2 a_2^i f(a_2) + \ldots + \lambda_p a_p^i f(a_p) = 0 \qquad (i = 0, 1, \ldots, n-1),$$

où $n < p$, l'équation $f(x) = 0$ a au moins n racines réelles, distinctes et comprises dans n intervalles différents (a_k, a_{k+1}).

Les polynomes orthogonaux sont des cas limites des polynomes précédents.

Nous allons résumer ici ce qui correspond, pour la suite de polynomes de Tchebycheff, au problème des quadratures mécaniques par les polynomes orthogonaux.

Posons

$$Q_n(x) = \sum_{k=1}^{k=p} \lambda_k \frac{P_n(x) - P_n(a_k)}{x - a_k} \qquad (n < p),$$

et soit $R(x)$ un polynome quelconque de degré $2n-1$ au plus. On voit alors sans difficulté que

$$\sum_{k=1}^{k=p} \lambda_k R(a_k) = \sum_{i=1}^{i=n} p_i R(x_i),$$

où $x_1, x_2, \ldots, x_n$ sont les racines du polynome $P_n(x)$ et où

$$(1) \qquad p_i = \frac{Q_n(x_i)}{P'_n(x_i)}.$$

On peut donner encore aux coefficients p_i les deux formes suivantes

$$(2) \qquad p_i = \left[\frac{1}{P'_n(x_i)}\right]^2 \left[\sum_{k=1}^{k=p} \lambda_k \frac{P_n(a_k)}{a_k - x_i}\right]^2$$

et

$$(3) \qquad p_i = \left[\sum_{k=1}^{k=p} \lambda_k P_{n-1}^2(a_k)\right] \frac{1}{P'_n(x_i) P_{n-1}(x_i)}.$$

La formule (2) nous montre que les coefficients p_i sont tous positifs. Par suite, il résulte de (1) que le polynome $Q_n(x)$ a toutes ses racines réelles et séparées par les racines du polynome $P_n(x)$ et de (3), que les racines de $P_{n-1}^{(x)}$ sont séparées par les racines du polynome $P_n(x)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un problème d'interpolation.* Note de M. **Rolf Nevanlinna**, présentée par M. Hadamard.

1. Étant données deux suites de nombres $z_1, z_2, \ldots, (|z_\nu| = r_\nu \leqq 1)$ et $w_1, w_2, \ldots$, considérons le problème suivant :

1° Trouver les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'il existe une fonction $f(z)$, holomorphe et bornée pour $|z| < 1 (|f| \leqq 1)$, telle que $f(z_\nu) = w_\nu (\nu = 1, 2, \ldots)$.

2° Quelles sont les conditions nécessaires et suffisantes pour que la fonction $f(z)$ soit univoquement déterminée?

3° Dans le cas d'indétermination, trouver l'expression générale des solutions f.

Il y a certains cas-limites intéressants. Si deux des points donnés z_ν se confondent, on suppose connue, outre la valeur $f(z_\nu) = w_\nu$, la valeur de la dérivée $f'(z_\nu) = w'_\nu$. Dans le cas extrême où tous les points z_ν coïncident avec un point donné intérieur au cercle-unité, on est ramené à un problème connu de M. Carathéodory, concernant les coefficients d'une série qui représente une fonction bornée.

Si $|z_\nu| = 1$, on admettra que $|w_\nu| = 1$, et l'on se donne aussi la valeur de la dérivée normale de la fonction f, valeur supposée finie. Enfin, si tous les points z_ν se confondent en un point de la circonférence $|z| = 1$, on est conduit à considérer une fonction bornée f admettant un développement asymptotique donné en ce point. Dans ce cas, le problème ci-dessus est équivalent au problème des moments de Stieltjes [1].

2. Dans le cas où le nombre n des z_ν est fini, la solution complète a été donnée par MM. Carathéodory, Pick, J. Schur et l'auteur. Par application itérée du lemme de Schwarz (ou, si $|z_\nu| \equiv r_\nu = 1$, de l'extension de ce lemme, due à M. Julia), on déduit de f une suite de fonctions bornées $f_1, \ldots, f_n$. Les valeurs $f_\nu(z_\nu) = \rho_\nu e^{i\beta_\nu}$ se calculent à l'aide des valeurs données ; si $r_\nu = 1$, la dérivée normale de f_ν aura une valeur c_ν finie bien déterminée. Il faut et il suffit pour l'existence d'une fonction f satisfaisant aux conditions données, que

$$\lambda_\nu = \frac{1 - \rho_\nu}{1 - r_\nu} \geq 0 \quad (\nu = 1, 2, \ldots),$$

(1) Voir mon article : *Asymptotische Entwicklungen beschränkter Funktionen und das Stieltjessche Momentenproblem* (*Annales Academiae Scientiarum Fennicae*, série A, 18, v, 1922, p. 1-52).

résultat qui subsiste aussi dans le cas général où le nombre n des valeurs données est infini. Si $r_\nu = 1$, on doit poser $\lambda_\nu = c_\nu$.

En supposant n fini, on sait que le problème est déterminé si, parmi les nombres non négatifs λ_ν, il y en a un, λ_m $(m \leqq n)$, qui s'annule. La solution unique f se réduit alors à une fonction rationnelle d'ordre m. Si $\lambda_\nu > 0$ pour $\nu = 1, \ldots, n$, on aura une infinité de solutions, dont l'ensemble est donné par une expression de la forme

$$f = \frac{A_n + B_n \varphi}{C_n + D_n \varphi}, \tag{1}$$

où A_n, B_n, C_n, D_n sont des fonctions rationnelles d'ordre n bien déterminées, tandis que φ désigne une fonction arbitraire assujettie à la seule condition de rester holomorphe et bornée $(|\varphi| \leqq 1)$ pour $|z| < 1$.

3. Dans le cas où le nombre des valeurs données est infini, on n'avait trouvé la solution complète du problème que dans des cas particuliers [1].

Dans une Note récente, M. Denjoy [2] a indiqué une solution générale très élégante de la question d'unicité : Pour que le problème soit déterminé, il faut et il suffit que la série

$$\sum \frac{1}{\lambda_\nu} \tag{2}$$

soit divergente. Ce résultat renferme un théorème connu de M. Blaschke (*loc. cit.*), d'après lequel la divergence de la série $\Sigma(1 - r_\nu)$ suffit pour déterminer sans ambiguïté la fonction f.

Dans le cas d'indétermination, il reste à trouver la solution générale. Voici le résultat auquel on sera conduit en supposant que la série (2) soit convergente.

Les fonctions rationnelles A_n, B_n, C_n, D_n, figurant dans la formule (1), convergent vers des fonctions A, B, C, D holomorphes à l'intérieur du cercle-

---

(1) Abstraction faite de certains cas où l'unicité de la solution est évidente, ces cas spéciaux sont :

1° $w_1 = w_2 = \ldots = 0$. — Le problème a été résolu dans ce cas par W. Blaschke : *Eine Erweiterung des Satzes von Vitali über Folgen analytischer Funktionen* (*Leipz. Ber.*, 67, 1915, p. 194-200).

2° $z_1 = z_2 = \ldots = z_0$ et $|z_0| = 1$. — Comme nous l'avons remarqué plus haut, le problème est alors équivalent au problème des moments de Stieltjes.

(2) A. Denjoy, *Sur une classe de fonctions analytiques* (*Comptes rendus*, 188, 1929, p. 140). Voir aussi sa Note supplémentaire (*Ibid.*, p. 1084).

unité. L'ensemble des f est donné par

$$f = \frac{A + B\varphi}{C + D\varphi}$$

où φ désigne une fonction arbitraire, bornée pour $|z| < 1$.

En supposant $w_1 = w_2 = \ldots = 0$, on aura $A \equiv D \equiv 0$, $C \equiv 1$ et

$$B = \prod_1^{\infty} \frac{r_\nu - z e^{i\alpha_\nu}}{1 - r_\nu z e^{i\alpha_\nu}}.$$

On retrouve donc un résultat connu de M. Blaschke (*loc. cit.*).

4. Il n'est pas sans intérêt d'observer que le théorème de M. Denjoy conduit à une nouvelle extension du théorème de Stieltjes-Vitali sur la convergence d'une suite de fonctions bornées. En effet, étant donnée une suite de fonctions f_ν ($\nu = 1, \ldots$), bornées dans leur ensemble pour $|z| < 1$, si elles convergent en une infinité de points z_ν ($|z_\nu| < 1$), on détermine, à l'aide des valeurs z_ν et $w_\nu = \lim_{\mu=\infty} f_\mu(z_\nu)$ les nombres λ_ν. Si la série (2) diverge, les fonctions f_ν convergent uniformément dans tout cercle $|z| \leqq r < 1$.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur le flambement des pièces rectilignes soumises à une force de compression excentrée.* Note de M. **R. Chambaud**, présentée par M. Mesnager.

Les équations approchées de la flexion, c'est-à-dire celles qu'on obtient en remplaçant la courbure par la dérivée seconde du déplacement, permettent d'obtenir la valeur exacte de la charge de flambement, dans le cas d'une pièce rectiligne à compression centrée. C'est le problème bien connu d'Euler. La charge de flambement y apparaît comme une valeur critique rendant indéterminée l'intégrale d'une équation différentielle linéaire du second ordre, assujettie à passer par deux points donnés.

Quand on veut étudier le même phénomène dans le cas d'une charge excentrée, on s'aperçoit très vite que les équations approchées ne peuvent plus conduire à une théorie correcte. Elles feraient croire notamment que la déformation croît au delà de toute limite quand on s'approche de la valeur critique d'Euler, alors qu'en réalité pour cette valeur de la force (et à moins de rupture préalable par dépassement de la limite élastique, ce qui peut toujours être évité pour un élancement suffisant de la pièce), la

déformation reste finie et déterminée, et même aussi petite qu'on le veut si l'excentricité est elle-même assez petite.

La généralisation que nous avons en vue doit donc être entreprise au moyen des équations complètes de la flexion qui, comme l'on sait, introduisent les fonctions elliptiques. Nous avons reconnu qu'avec un choix convenable des variables et des paramètres, le problème pouvait être traité sans difficultés sérieuses jusqu'aux calculs numériques complets. En raison de la lumière que sa solution projette sur les phénomènes de flambement, nous présentons ici un résumé de la méthode suivie et des résultats obtenus.

Exposé de la méthode. — Les coordonnées de l'élastique s'expriment comme l'on sait par des fonctions elliptiques de la longueur d'arc, ou par leurs intégrales. Ceci nous permet d'exprimer la charge, l'excentricité et la fatigue élastique de flexion en fonctions de deux paramètres, le module et l'argument des fonctions de Jacobi. En éliminant ces deux paramètres entre ces trois équations, on obtient la relation cherchée entre les trois grandeurs ainsi définies. Bien entendu il ne s'agit pas d'une élimination formelle qui serait impraticable, mais les tables de Legendre nous permettent de construire par points la famille de courbes représentant la fatigue de flexion en fonction de la charge quand l'excentricité est prise comme paramètre.

Considérant alors comme acquis qu'en matière de flambement la rupture suit nécessairement le dépassement de la limite élastique, en raison de la chute brusque du coefficient d'élasticité, il suffira, pour obtenir la limite de résistance de la pièce, d'écrire que la fatigue totale (flexion et compression) ne peut pas dépasser la limite élastique. Cette condition fournit un nouveau réseau de courbes où l'élancement joue le rôle de paramètre; les intersections des deux réseaux donnent la limite de résistance en fonction de l'élancement et de l'excentricité. Nous avons construit des abaques permettant de retrouver sans calculs tous les résultats.

Résultats. — I. En considérant tout d'abord le phénomène comme indéfiniment élastique nous ferons les constatations suivantes :

Si l'on prend comme critérium du flambement cette discontinuité soudaine qu'on observe dans le cas d'Euler, et qui fait sauter brusquement de zéro à l'infini la dérivée de la déformation par rapport à la charge au moment du passage par la valeur critique, il n'y a plus ici à proprement parler de flambement. Cette dérivée part d'une valeur finie, croît d'abord, passe par un maximum également fini pour une charge inférieure à la valeur d'Euler, puis décroît lentement pour des valeurs de la charge de plus en plus grandes

au delà de la charge critique. Naturellement la croissance est d'autant plus soudaine et le maximum plus accusé que l'excentricité est plus faible, et à la limite on tend vers le cas d'Euler. Quant à la déformation, elle est finie et déterminée pour toutes valeurs de la charge et en particulier quand on franchit la valeur d'Euler qui ne correspond plus à aucune discontinuité caractéristique.

II. En ce qui concerne maintenant les conditions de la rupture, on est conduit à classer les pièces en trois catégories :

1° *Pièces courtes*. — La rupture de la pièce centrée survient par simple écrasement avant que la charge n'atteigne la limite d'Euler. L'excentrement de la charge avance la rupture dans une proportion que nos graphiques déterminent.

2° *Pièces moyennement élancées*. — La pièce centrée se rompt en flambant sous une charge pratiquement confondue avec celle d'Euler, mais théoriquement supérieure (de quelques dix millièmes pour des élancements de 50 à 100). L'excentrement avance la rupture (de 20 pour 100 par exemple pour un élancement de 100, avec une excentricité égale à $\frac{1}{200}$ de la portée).

3° *Pièces très élancées* (lames de ressorts, etc.). — La pièce centrée se rompt après flambement, sous une charge supérieure à celle d'Euler (de 15 pour 100 par exemple pour une lame d'acier dur d'élancement 500). L'excentrement avance la rupture (de 30 pour 100 par exemple pour cette même lame d'acier quand l'excentricité est égale au dixième de la longueur). La charge de rupture peut ainsi être supérieure, égale ou inférieure à celle d'Euler.

La théorie précédente permet d'apprécier pour les arcs dans quelle mesure l'excentricité résultant du raccourcissement élastique avance la limite théorique du flambement. Dans un arc à deux articulations dont l'épaisseur est le centième de la portée et la flèche le dixième, cette limite qui correspond à celle d'Euler pour une demi-longueur d'arc environ serait réduite de 10 à 15 pour 100 du fait de l'excentricité.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un type nouveau de ressort*. Note de M. **D. Wolkowitsch**, présentée par M. M. d'Ocagne.

Si, dans un ressort, les déplacements des diverses sections étaient des translations, toutes les fibres éprouveraient la même fatigue, et l'on arriverait ainsi à la meilleure utilisation possible de la matière; malgré cela, les

ressorts couramment employés sont des ressorts de *flexion* (à lame) ou de *torsion* (à boudin). Cela tient à ce que les dimensions d'un ressort de traction directe, constitué par une tige rectiligne, seraient prohibitives, et pourtant c'est dans un tel ressort que l'énergie absorbée par unité de volume est la plus grande.

L'objet de cette Note est de montrer la possibilité de construire des ressorts de *glissement* dans lesquels les déplacements des sections les unes par rapport aux autres, sont des *glissements*, au sens accordé à ce mot dans la théorie de l'élasticité.

On enseigne d'ordinaire dans la résistance des matériaux qu'une poutre rectiligne de section constante travaille à la flexion quand elle est sollicitée par des forces dont les lignes d'action rencontrent l'axe de la pièce (lieu du centre de gravité de l'aire de la section transversale); mais cette proposition est en désaccord avec l'expérience quand les forces ne se trouvent pas dans un plan de symétrie de la pièce.

Ainsi une poutre en U mise de champ, appuyée à ses deux extémités, et soumise à son propre poids, semble se voiler au point que, si la portée est suffisante, la poutre bascule autour d'un axe parallèle à la ligne des appuis; c'est un fait d'expérience courante.

Dans des expériences méthodiques effectuées sur une pareille poutre, C. Bach a étudié l'action de deux charges symétriquement placées par rapport au milieu de la portée et dont les verticales rencontrent l'axe longitudinal de la pièce.

Il a constaté que la section médiane était déversée comme s'il y avait torsion, et que cette torsion cessait quand le plan vertical des deux charges se trouvait, par rapport à l'âme de la poutre, du côté opposé à l'axe longitudinal, et à une distance d de cette âme, fixe quelle que soit la position des charges dans ce plan. La parallèle à l'axe longitudinal menée à la distance d de celui-ci, dans le plan de symétrie du profil, est appelée axe de glissement.

Notre théorie générale des mouvements en un point d'un corps élastique à trois dimensions (¹) nous a permis d'interpréter les expériences de Bach (²) et d'en prévoir le résultat, non encore vérifié, pour un profil absolument quelconque (³); cette théorie conduit à la réalisation suivante du *ressort de glissement :*

(¹) *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 1198.

(²) *Génie civil*, 88, 1926, p. 502.

(³) *Génie civil*, 90, 1927, p. 172.

Un profil à un seul axe de symétrie, un fer en U par exemple, est enroulé sur un cylindre de révolution dont le rayon est la distance *d* précédemment rencontrée; l'âme du profil est tangente au cylindre le long d'une génératrice, les ailes sont normales et à l'extérieur. On obtient ainsi une sorte de ressort à boudin, mais qui ne travaille pas à la torsion; une force dirigée suivant l'axe du cylindre d'enroulement donne lieu, dans les diverses sections, à des translations de glissement.

Avec les valeurs généralement admises, d'une part pour le rapport des deux coefficients d'élasticité $\frac{G}{E}$, et d'autre part pour les limites d'élasticité de traction et de glissement, on trouve qu'un *ressort de glissement* serait, pour une même énergie à absorber, plus léger même que le ressort de traction directe.

ACOUSTIQUE. — *Phénomènes produits par l'interposition d'une lame métallique dans un faisceau d'ondes ultrasonores.* Note (¹) de M. P. **Biquard**, présentée par M. Jean Perrin.

1° *Production des ultrasons et mesure de l'intensité du rayonnement.* — La source employée est un quartz piézo-électrique oscillant sur sa vibration fondamentale ou sur un harmonique de celle-ci. Les principales mesures ont été effectuées aux fréquences suivantes $N_1 = 9 \times 10^5$ et $N_2 = 1,36 \times 10^6\ s^{-1}$. Suivant une méthode indiquée par M. Langevin l'intensité du rayonnement se propageant dans l'eau est mesurée par sa pression de radiation. Celle-ci s'exerce sur une boîte plate renfermant de l'air et son action est compensée par une action de torsion.

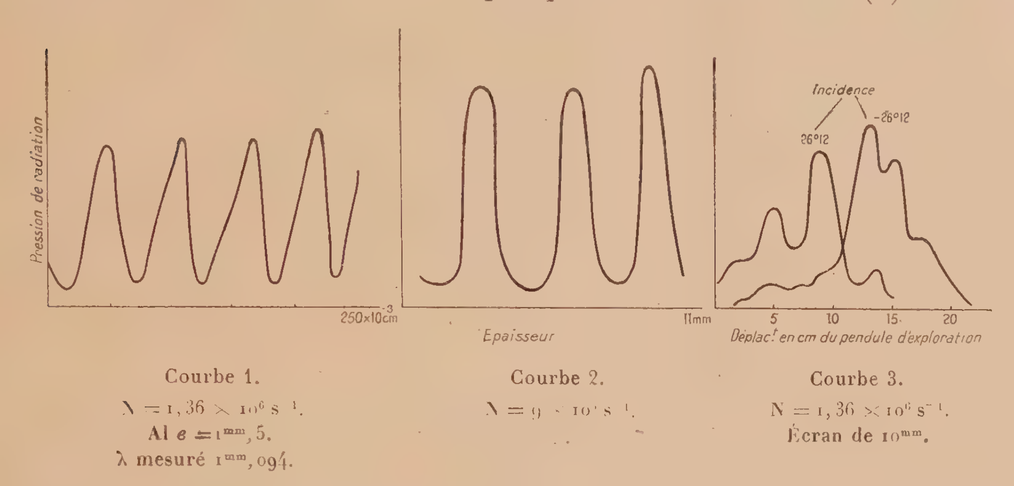
2° *Influence d'une lame métallique.* — Une lame métallique (aluminium), intercalée dans le faisceau, produit deux phénomènes suivant qu'elle est parallèle ou oblique au plan de l'onde.

A. *Lame parallèle au front de l'onde.* — Lorsque l'on déplace la lame d'un mouvement de translation suivant la direction de propagation, l'intensité du faisceau qui émerge de la lame varie périodiquement comme l'indique la courbe (1). La distance entre deux points pour lesquels, par exemple, la transparence est maximum est égale à la demi-longueur d'onde du rayonnement dans l'eau. Comme on peut facilement compter un grand nombre de demi-longueurs d'onde on peut mesurer ainsi soit la vitesse du son, soit la fréquence du rayonnement. L'intensité du courant dans le quartz

(¹) Séance du 29 avril 1929.

dépend de sa résistance de rayonnement, laquelle est fonction de l'état vibratoire de la colonne d'eau située entre le quartz et l'écran.

L'expérience permet en effet de constater que lorsque l'on déplace celui-ci l'intensité du courant qui traverse le quartz varie périodiquement, les maxima d'intensité coïncidant avec les minima d'intensité du faisceau émergent. Une méthode de mesure de la vitesse du son dans les liquides, basée sur ce phénomène, a été indiquée par Hubbard et Loomis (1).



Courbe 1.
$\mathrm{N} = 1,36 \times 10^{6}\ \mathrm{s}^{-1}$.
Al $e = 1^{\mathrm{mm}},5$.
λ mesuré $1^{\mathrm{mm}},094$.

Courbe 2.
$\mathrm{N} = 9 \times 10^{5}\ \mathrm{s}^{-1}$.

Courbe 3.
$\mathrm{N} = 1,36 \times 10^{6}\ \mathrm{s}^{-1}$.
Écran de 10^{mm}.

Voici les résultats numériques obtenus dans une autre mesure que celle de la courbe (1) : fréquence, $1,36 \times 10^{6}\ \mathrm{s}^{-1}$; distance entre le 1er et le 11e maximum, $0^{\mathrm{cm}},546$; longueur d'onde dans l'eau, $\lambda = 0^{\mathrm{cm}},1092$; vitesse du son $1,485,10^{5}$ cm.

Si l'on reproduit ces expériences avec des lames d'épaisseurs croissantes, on constate que les absorptions maxima et minima observées précédemment varient périodiquement avec l'épaisseur, les maxima et minima de transparence se retrouvant pour des épaisseurs différant entre elles de la demi-longueur d'onde du son dans le métal. Dans les courbes (2) on a porté en abscisses les épaisseurs et en ordonnées les pressions de radiation maxima observées lors de la translation de la lame parallèlement au plan de l'onde. Des mesures plus précises en cours permettront de déterminer par ce procédé la vitesse du son dans le métal.

B. *Lame non parallèle au front de l'onde.* — L'interposition d'une lame placée obliquement produit d'une part une légère déformation du faisceau, et d'autre part une variation compliquée de l'intensité du faisceau

(1) *A sonic interferometer for liquids* (*Nature*, **120**, 1927, p. 189).

émergent. Pour mettre en évidence la déformation du faisceau, il suffit de déplacer perpendiculairement à la direction de propagation un pendule de mesure de petites dimensions.

Dans les courbes de la figure 3 on a intercalé dans le faisceau une lame d'aluminium de 10^{mm} d'épaisseur sous des incidences de $\pm 26^\circ 12'$.

Pour étudier la transparence en fonction de l'angle d'incidence il suffit de mesurer l'intensité du faisceau émergent pour des angles croissant très lentement. Des mesures ont été faites pour des lames d'aluminium à la fréquence 6×10^5 s^{-1} et aux deux autres indiquées plus haut. On obtient une série de maxima et de minima très aigus. Voici deux exemples :

1° Lame Al de $8^{mm},5$. $N = 1,36 \times 10^6$ s^{-1}. Position des maxima de transparence :

Incidences	$\pm 6^\circ 50'$	$11^\circ 46'$	$16^\circ 21'$	$20^\circ 5'$	$23^\circ 35'$	$25^\circ 55'$
Torsion du fil	72.48	26.47	70.10	67.30	52.32	32. 2
»	74. 8	27.46	71.15	67.45	52.17	32. 6

Le faisceau reçu directement nécessite une torsion de $132^\circ 7'$.

2° Lame Al de $1^{mm},5$, $N = 1,36 \times 10^6$ s^{-1}

Incidences	$9^\circ 45'$	$18^\circ 12'$	$32^\circ 45'$
Torsion	15°	$24^\circ 30'$	$27^\circ 30'$

ÉLECTRICITÉ. — *Comparaison entre les machines électrostatiques et les machines dynamo à courant continu.* Note de M. **Henri Chaumat**, présentée par M. d'Arsonval.

Une idée très répandue qui a certainement paralysé les efforts dans la réalisation des machines électrostatiques est que les machines électrostatiques ont une résistance intérieure considérable (et même infinie si l'isolement est parfait). Il s'ensuit que, en débit, comme il faut bien que le courant se ferme, nous aurons des chutes de tension absolument inadmissibles. Nous allons voir qu'il n'en est rien.

Les courants de convection, dont on doit la notion au génie de Maxwell, ne sont pas des courants comme les autres. Ce sont des véhicules d'énergie potentielle et non des courants qui, comme dans une résistance, consomment de l'énergie bientôt dissipée dans le milieu sous forme de chaleur. Et la notion de chute ohmique ne peut leur être appliquée.

Considérons une machine électrostatique de Wimshurst, par exemple, en

débit. Dans une atmosphère sèche, la vitesse étant constante, on ne peut pas ne pas être frappé du rythme régulier des étincelles. Nous sommes en présence d'un phénomène bien déterminé et fini. Or, si la résistance intérieure (ou son équivalent) était infinie, la différence de potentiel aux bornes serait nulle et nous ne saurions obtenir un débit d'énergie électrique fini.

Dans une machine électrostatique, il y a, qu'on le veuille ou non, les éléments d'un condensateur plus ou moins bien défini, plus ou moins mal réalisé, en dehors des condensateurs que l'on place souvent en dérivation aux bornes de la machine pour des buts particuliers.

Quand un condensateur est en charge, le courant est à tout instant défini par les conditions extérieures au condensateur (force électromotrice de la source, résistance du circuit de charge, source comprise) et sa résistance propre est constamment nulle. Pour le circuit extérieur, le condensateur se comporte comme un appareil sans force contre-électromotrice et dont la résistance x serait croissante, en fonction du temps, suivant la loi.

$$x = \mathrm{R}\left(e^{\frac{t}{\mathrm{CR}}} - 1\right),$$

de telle façon que le courant de charge ait à chaque instant sa valeur vraie.

Mais une telle assimilation n'est aucunement l'image de la réalité.

Dans un condensateur en décharge sur une résistance extérieure, la différence de potentiel et le courant varient suivant les lois connues

$$\mathrm{U} = \mathrm{E}e^{-\frac{t}{\mathrm{CR}}}, \qquad i = \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{R}}e^{-\frac{t}{\mathrm{CR}}},$$

et l'on pourrait dire que tout se passe comme si l'on avait une machine de force électromotrice constante et dont la résistance intérieure x, équivalente au point de vue du débit, serait variable, en fonction du temps, suivant la même loi que précédemment.

Mais une telle résistance fictive, fonction de la capacité et de la résistance R du circuit extérieur, ne saurait caractériser ou définir le condensateur.

Si l'on considère la charge ou la décharge dans un intervalle de temps fini τ, cette résistance intérieure fictive a une valeur moyenne, dans l'intervalle τ, donnée par

$$\frac{\mathrm{CR}^2}{\tau}\left(e^{\frac{\tau}{\mathrm{CR}}} - 1\right) - \mathrm{R},$$

valeur qui est loin d'être infinie.

On pourrait imaginer qu'après l'intervalle τ, par le jeu même de la machine, le condensateur se recharge au potentiel initial et se décharge

à nouveau pendant le temps τ, et ainsi de suite. Le courant moyen sera

$$i_{\text{moy}} = \frac{EC}{\tau}\left(1 - e^{-\frac{\tau}{CR}}\right).$$

On aura une machine qui débitera sous tension variable mais d'autant moins variable que l'intervalle τ sera plus petit. Nous laissons de côté, pour l'instant, la question de la puissance massique de la machine.

La valeur moyenne de la chute de tension sera

$$E\left[1 - \frac{CR}{\tau}\left(1 - e^{-\frac{\tau}{CR}}\right)\right]$$

et la résistance intérieure équivalente sera donnée par

$$x = \frac{\tau}{C\left(1 - e^{-\frac{\tau}{CR}}\right)} - R.$$

Si l'intervalle τ est assez petit pour qu'on puisse confondre la courbe exponentielle avec sa tangente à l'origine on aura

$$i_{\text{moy}} = \frac{E}{R}\left(1 - \frac{\tau}{2CR}\right),$$

et tout se passe comme si l'on avait une dynamo à excitation constante dont la résistance intérieure serait donnée par

$$x = R\,\frac{\tau}{2CR - \tau}.$$

On pourrait déterminer les conditions de fonctionnement de la machine pour que la chute relative de tension entre la marche à vide et la pleine charge soit inférieure ou au plus égale à une fraction donnée à l'avance, $\frac{a}{100}$ par exemple.

On trouverait

$$\tau \leqq \frac{2a}{100}\,CR.$$

On peut dire aussi que l'intervalle τ étant fixé, pour toute valeur de R telle qu'on ait

$$R \geqq \frac{50\tau}{aC},$$

la machine électrostatique débitera un courant moyen sous une tension comprise entre E à vide et E $\frac{100 - a}{100}$ à pleine charge.

Une telle machine serait réalisable.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la constante diélectrique des gaz ionisés.* Note [1] de M. **Henri Gutton**, présentée par M. G. Ferrié.

Nous avons décrit [2] des expériences relatives aux propriétés des gaz ionisés dans un champ de haute fréquence et avons montré l'existence d'une période de résonance du gaz. Nous nous proposons de montrer que ces expériences permettent, au moins en dehors de la bande d'absorption qui correspond à la résonance, de déterminer la constante diélectrique en fonction du nombre d'ions par centimètre cube et de trouver le nombre d'ions pour lequel le gaz est en résonance sur une fréquence donnée.

L'ionisation du gaz est mesurée par l'intensité i du courant qui passe entre deux électrodes maintenues à une différence de potentiel constante. Cette intensité est proportionnelle à la conductivité du gaz dans un champ constant et par suite au nombre d'ions par centimètre cube. Nous avons obtenu d'autre part, pour diverses ionisations, la longueur de résonance, sur la longueur d'onde $248^{\text{cm}},7$, d'une ligne fermée à son origine par un pont et terminée par un condensateur entre les armatures duquel est disposé le tube à gaz ionisé.

Assimilons ce condensateur à deux condensateurs en série, dont l'un a pour diélectrique le gaz ionisé, de constante diélectrique K, et a pour capacité KC_0, l'autre a pour diélectrique l'air atmosphérique et a pour capacité C. En dérivation sur cet ensemble, on doit imaginer un condensateur C_1, afin de tenir compte de la capacité correspondant au flux de force qui ne rencontre pas le gaz ionisé. La capacité γ de cet ensemble est donnée par la relation

$$(1) \qquad \gamma = C_1 + \frac{1}{\frac{1}{KC_0} + \frac{1}{C}}.$$

En nous servant des équations de propagation le long de la ligne, nous trouvons la relation qui relie la capacité γ à la longueur L de résonance de la ligne sur une longueur d'onde λ

$$(2) \qquad \frac{\gamma}{c}\frac{2\pi}{\lambda}\operatorname{tang}\frac{2\pi L}{\lambda} = 1,$$

c étant la capacité par unité de longueur de la ligne.

---

[1] Séance du 29 avril 1929.

[2] *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 156 et 385.

Cette relation qui ne tient pas compte de l'amortissement de la ligne n'est valable qu'en dehors de la bande d'absorption du gaz ionisé.

Nous éliminons les capacités C_1, C_0, C en mesurant les longueurs de la ligne L_0, L_1, L_2, lorsque le gaz n'est pas ionisé, lorsqu'il est très ionisé et assez conducteur pour que le champ ne pénètre plus à l'intérieur du tube, lorsque le tube est rempli de benzine dont on connaît la constante diélectrique 2,26. Les valeurs des capacités correspondantes satisfont aux relations

$$(3) \qquad \gamma_0 = C_1 + \frac{1}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C}}, \qquad \gamma_1 = C_1 + C, \qquad \gamma_2 = C_1 + \frac{1}{\frac{1}{2,26\,C_0} + \frac{1}{C}}.$$

A l'aide de ces relations et en tenant compte du fait que les variations de longueur de ligne sont petites, on trouve

$$(4) \qquad K = \frac{L_0 - L_1}{L - L_1}\left\{1 - \frac{L - L_0}{L_2 - L_0}\left(1 - 2,26\,\frac{L_2 - L_1}{L_0 - L_1}\right)\right\}.$$

Cette formule, pour les ionisations inférieures à celles pour lesquelles l'absorption devient très grande, nous permet de connaître les valeurs numériques de K, en fonction de l'intensité i qui mesure la conductivité du gaz.

La théorie montre que la constante diélectrique K d'un gaz ionisé pour une pulsation ω_0 correspondant à la période propre du gaz ionisé et hors de la bande d'absorption est

$$(5) \qquad K = 1 + \frac{4\pi N \frac{e^2}{m}}{\omega_0^2 - \omega^2},$$

ω étant la pulsation des ondes excitatrices, N le nombre d'électrons par centimètre cube du gaz ionisé, e et m leur charge et leur masse.

Nous avons montré, par l'expérience, que $\omega_0^2 = a N^{0,75}$, a étant une constante indépendante de la pulsation ω. D'autre part N est proportionnel au courant i, $N = ih$.

De sorte que la formule (5) peut s'écrire

$$(6) \qquad K = 1 + \frac{4\pi \frac{e^2}{m} ih}{a(ih)^{\frac{3}{4}} - \omega^2}.$$

Nous avons une première équation permettant de déterminer a et h

$$(7) \qquad a(i_0 h)^{\frac{3}{4}} = \omega^2,$$

i_0 étant la valeur de i correspondant à la résonance du gaz ionisé sur la période du champ de pulsation ω, i_0 est déterminé par expérience.

Une seconde équation nous est donnée en égalant la pente pour $i=0$ de la courbe représentant les variations de K en fonction de i, et la pente de la courbe déterminée par l'expérience, soit p cette pente

$$p=\frac{4\pi h e^2}{m\omega^2}. \tag{8}$$

Les équations (7) et (8) donnent les valeurs de a et h

$$\left\{\begin{array}{l} a=35,5\times 10^{10}, \\ h=0,34\times 10^{7}. \end{array}\right. \tag{9}$$

L'équation représentant les variations de la constante diélectrique en fonction du nombre d'ions pour une pulsation ω est

$$K=1+\frac{0,278\times 10^{10}\,N}{35,5\times 10^{10}\,N^{\frac{3}{4}}-\omega^2}. \tag{10}$$

Cette formule permet de trouver la valeur de l'ionisation correspondant à la résonance sur toute pulsation ω. Pour la longueur d'onde utilisée $\lambda=248^{cm},7$, la résonance se produit pour une ionisation $N=1,9\times 10^{8}$ électrons par centimètre cube.

ÉLECTRICITÉ. — *Potentiels électrolytiques de quelques métaux.* Note de M. **L. Bouchet**, présentée par M. A. Cotton.

Habituellement on définit le potentiel électrolytique d'un métal par la différence de potentiel entre le métal et la solution normale d'un des sels du métal.

En me basant sur cette définition, j'ai déterminé les potentiels électrolytiques du magnésium, du zinc pur, du cuivre recouvert d'une couche de cuivre électrolytique et de l'argent par la méthode d'opposition, avec comme appareil de zéro, un galvanomètre sensible à 2×10^{-8} ampère. J'ai par suite réalisé une série de piles dont l'une des électrodes comprenait le métal plongeant dans une solution normale d'un de ses sels et dont l'autre électrode était représentée soit par l'électrode normale au calomel, soit par l'électrode normale à hydrogène. J'opposais à ces piles un accumulateur préalablement comparé à un élément Weston. Les durées des mesures

variaient entre trois et quatre minutes. L'eau utilisée pour les solutions était de l'eau bi-distillée conservée dans des vases en verre pyrex. J'ai employé des sels, chimiquement purs, de la maison Poulenc. Les solutions, renfermant des masses connues de sels cristallisés dans un volume d'eau déterminé, ont été préparées avec l'aide obligeante de M. Dorier. Les métaux, frottés à la toile émeri, puis lavés à l'alcool absolu, finalement séchés à l'air, séjournaient pendant, au moins, un jour dans une enceinte désséchante avant de les expérimenter.

L'électrode à hydrogène était une électrode de Sörensen plongeant dans une solution normale titrée soit d'acide chlorhydrique soit d'acide sulfurique et le gaz hydrogène, très pur, était fourni par un appareil de Kipp.

J'ai mesuré les forces électromotrices dont voici deux types :

$$E = Hg \mid Hg^2Cl^2,\ KCl + KCl \mid SO^4Zn + SO^4Zn \mid Zn.$$
$$E' = H \mid HCl \qquad + HCl \mid SO^4Zn + SO^4Zn \mid Zn.$$

Les résultats obtenus, pour les potentiels électrolytiques, sont indiqués ci-dessous; ils se rapportent à l'électrode normale soit au calomel, soit à hydrogène. Le signe + indique que dans les piles, où les sels dissous sont des sulfates, l'électrode positive est le métal. A cette liste j'ai ajouté le potentiel électrolytique de l'hydrogène déduit de la comparaison des deux électrodes normales :

Métaux.	Potentiels électrolytiques l'électrode au calomel étant prise = à 0.	 l'électrode à hydrogène étant prise = à 0 à la pression de 730mm.
Mg	—1,766	—1,485
Zn	1,052	0,771
H	0,281	....
Cu	+0,041	+0,324
Ag [1]	0,502	0,788

Ces nombres correspondent à des températures comprises entre 18° et 24°;

---

(1) Pour l'argent les solutions étaient centinormales et les potentiels déduits indirectement par rapport à l'électrode au calomel et directement par rapport à l'électrode à hydrogène, mais en employant une solution normale d'acide sulfurique, en constituant les chaînes suivantes :

$$\begin{cases} Hg \mid SO^4Hg^2,\ SO^4H^2 \mid KCl,\ Hg^2Cl^2 \mid Hg. \\ Hg \mid SO^4Hg^2,\ SO^4H^2 \mid SO^4Ag^2 \mid Ag. \end{cases}$$
$$Ag \mid SO^4Ag^2 \mid SO^4H^2 \mid H.$$

ils ont été obtenus en tenant compte des différences de potentiel liquide/liquide calculés d'après la formule d'Henderson ([1]).

J'ai aussi opéré avec le chlorure, l'acétate et l'azotate de zinc ainsi qu'avec le chlorure au magnésium en employant l'électrode au calomel. J'ai obtenu pour le chlorure et l'acétate de zinc les nombres représentés respectivement par : (— 1,049) et (— 1,056) peu différents de celui se rapportant au sulfate ; pour le chlorure de magnésium, j'ai trouvé le nombre (— 1,768) très voisin de celui correspondant au sulfate. Quant à l'azotate de Zn, le potentiel (— 0,99) est notablement inférieur. Ce gros écart peut être dû à une oxydation très rapide du métal. Si le dernier résultat concorde qualitativement avec celui de Neumann ([2]), les autres diffèrent beaucoup comme le montrent les nombres suivants extraits du Mémoire de cet auteur et se rapportant à des sulfates, l'électrode normale au calomel étant prise égale à zéro :

$$\mathrm{Mg} = -1,799; \quad \mathrm{Zn} = -1,084; \quad \mathrm{H} = -0,328;$$
$$\mathrm{Cu} = +0,045; \quad \mathrm{Ag} = +0,414.$$

Plusieurs causes peuvent expliquer la divergence entre les résultats de Neumann et les miens, en particulier cet auteur ne tient pas compte des différences de potentiel liquide/liquide.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques du sesquioxyde de fer et de quelques ferrites au-dessus de leur point de Curie; conservation du paramagnétisme constant dans ces combinaisons.* Note ([3]) de Mlle **A. Serres**, transmise par M. Pierre Weiss.

I. *Sesquioxyde de fer.* — Les mesures de K. Honda et T. Soné ([4]) permettent d'attribuer à la variété stable du sesquioxyde de fer, au-dessus de son point de Curie ($\theta = 690°$) un paramagnétisme indépendant de la température $\chi = 14,7.10^{-6}$. Le sesquioxyde de fer étudié par Chaudron et Forestier ([5]) se comporte de même ($\theta = 675°$).

J'ai mesuré la susceptibilité du sesquioxyde de fer entre 700 et 750° C. environ.

([1]) *Zeitsch. f. phys. Chem.*, 59, 1907, p. 118, 63; 1908, p. 325.

([2]) *Zeitsch. f. phys. Chem.*, 14, 1894, p. 193.

([3]) Séance du 29 avril 1929.

([4]) K. Honda et T. Soné, *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 3, 1914, p. 223.

([5]) Chaudron et Forestier, *Comptes rendus*, 183, 1927, p. 787.

I. Fe^2O^2 pur, pour analyse, Kalhbaum :

A 714°,5............................. $\chi = 19,75.10^{-6}$
A 765°,0............................. $\chi = 19,74.10^{-6}$

II. Fe^2O^3 pur, préparé au Laboratoire de M. Abraham :

A 699°,8............................. $\chi = 19,63.10^{-6}$
A 749,1............................. $\chi = 19,62.10^{-6}$
A 701,5............................. $\chi = 19,62.10^{-6}$

J'adopterai la valeur moyenne :

$$\chi = 19,70.10^{-6}$$ (à 3 pour 1000 près),

soit par gramme de fer :

$$\chi_{1g\ de\ fer} = 28,17.10^{-6}.$$

Il est intéressant de rapprocher cette valeur de celles mesurées pour le fer dans la région γ où la susceptibilité a été trouvée par différents auteurs sensiblement indépendante de la température :

D'après P. Curie [1], $\chi = 28,4.10^{-6}$ à 940°, $\chi = 23,9.10^{-6}$ à 1280°.

D'après P. Weiss et G. Foex [2], $\chi = 28.10^{-6}$ à 940°, $\chi = 24,15.10^{-6}$ à 1356°.

D'après Terry [3], $\chi = 26,95.10^{-6}$ à 929°, $\chi = 24,30.10^{-6}$ à 1374°.

La valeur donnée par le sesquioxyde de fer se place donc entre les valeurs extrêmes mésurées pour le fer γ. Il semble que le paramagnétisme du fer γ se conserve en combinaison.

II. *Ferrites.* — Les mesures ont porté sur quatre des ferrites préparés par MM. Chaudron et Forestier [4].

J'ai étudié pour ces corps la variation de la susceptibilité magnétique, dans la région paramagnétique jusqu'à une température voisine de 700 à 750°C.

On ne trouve pas une variation linéaire de l'inverse de la susceptibilité magnétique en fonction de la température. Les résultats des mesures sont indiqués par les courbes de la figure 1, fortement concaves vers l'axe des températures. Ces courbes rappellent les résultats trouvés par Kopp [5] sur la magnétite qui est un ferrite de fer.

---

(1) P. Curie, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, **5**, 1895, p. 289.

(2) P. Weiss et G. Foex, *Archives des Sc. phys. et nat.*, **31**, 1911, p. 24.

(3) Terry, *Phys. Rev.*, 2e série, **9**, 1917, p. 394.

(4) Chaudron et Forestier, *Comptes rendus*, **182**, 1927, p. 777.

(5) Kopp, *Thèse*, Zurich, 1919.

En admettant que le sesquioxyde de fer conserve en combinaison le paramagnétisme constant $\chi_m = 1573.10^{-6}$ qu'il possède à l'état libre, et en retranchant ce paramagnétisme du nombre mesuré pour la combinaison, on trouve les courbes de la figure 2.

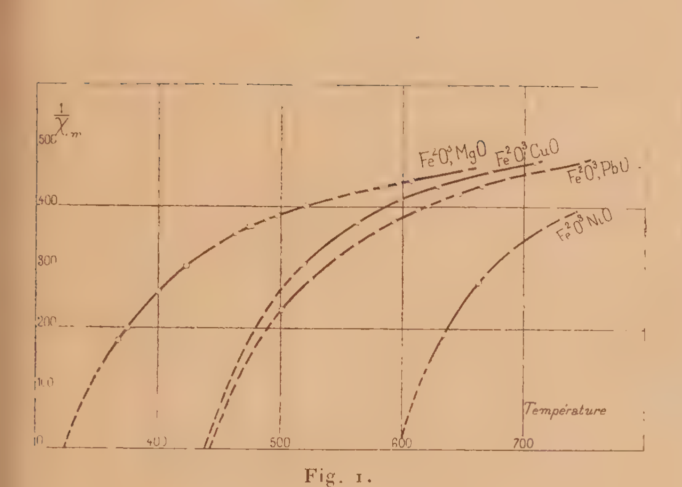


Fig. 1.

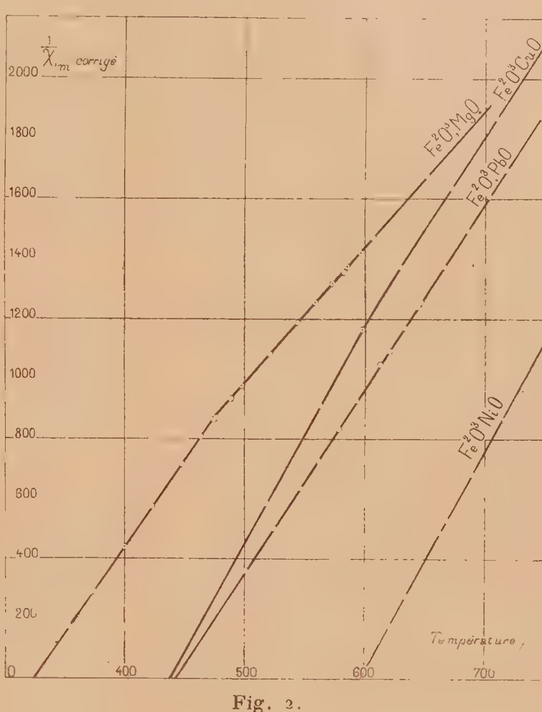


Fig. 2.

La variation de l'inverse de la susceptibilité ainsi corrigée, en fonction de la température est linéaire, ce qui est la loi habituelle du paramagnétisme; pour le ferrite de plomb on obtient une seule droite, pour le ferrite de magnésie une droite coudée vers 475°, pour le ferrite de cuivre une droite coudée vers 610°C.; pour le ferrite de nickel une légère courbure subsiste qui peut être due au paramagnétisme de NiO. La même correction apportée aux mesures de Kopp sur la magnétite semble également insuffisante : le paramagnétisme de FeO doit aussi subsister en combinaison.

Il semble donc bien que l'hypothèse faite sur la superposition du paramagnétisme constant et du paramagnétisme variable soit justifiée dans les cas étudiés.

MAGNÉTISME. — *Les deux Points de Curie, ferromagnétique et paramagnétique.* Note (¹) de M. **Robert Forrer**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'aimantation des ferromagnétiques décroît, quand la température s'élève et s'annule pour une certaine température, le Point de Curie. Désignons le point ainsi défini comme Point de Curie ferromagnétique Θf. Expérimentalement ce point s'obtient par extrapolation de l'aimantation spontanée ou à son défaut de l'aimantation rémanente vers l'axe des températures.

D'autre part, les mêmes corps deviennent paramagnétiques, quand on élève encore davantage leur température. Ils obéissent, dans de grands intervalles de température, à la loi de Weiss qui s'écrit $\chi(T-\Theta)=C$, où C est la constante de Curie et Θ le Point de Curie. Appelons le point ainsi déterminé point de Curie paramagnétique Θp.

Ce Point de Curie paramagnétique est situé environ 15 à 40° au-dessus du Point de Curie ferromagnétique. D'après l'hypothèse du champ moléculaire de P. Weiss les deux Points de Curie devraient se confondre. Jusqu'à présent on a expliqué cette distance des deux Points de Curie par un glissement du Point de Curie avec l'élévation de température.

Par un traitement spécial on peut donner au nickel un cycle d'hystérèse presque rectangulaire. La presque totalité de l'aimantation irréversible est renversée par une seule valeur du champ, appelée champ critique. La forme de ce cycle et le rapport entre l'aimantation rémanente et la saturation a suggéré l'hypothèse que la moitié des moments est parallèle, l'autre moitié perpendiculaire au champ. Le champ critique est donc le champ nécessaire pour le renversement des moments parallèles au champ.

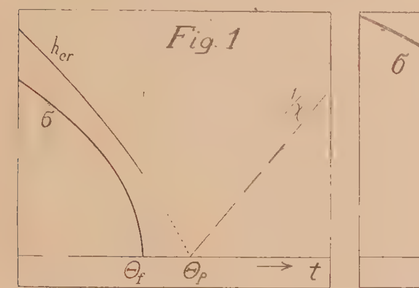
J'ai déterminé la variation thermique de ce cycle. Le résultat est le suivant : Quand la température s'élève, le cycle devient plus petit, mais il garde sa forme caractéristique, qui permet de déterminer avec précision, même au voisinage immédiat du Point de Curie, l'aimantation rémanente et le champ critique.

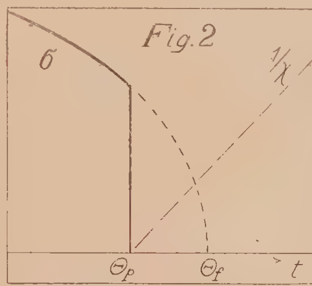
Pour Θ_f, déterminé par la disparition de l'aimantation rémanente, le champ critique ne s'annule pas, il tend vers une limite inférieure finie

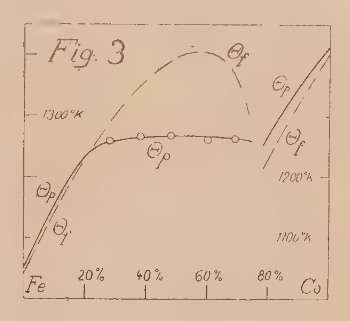
(¹) Séance du 29 avril 1929.

(voir *fig.* 1). Au voisinage de Θ_f sa variation est sensiblement rectiligne, ce qui permet son extrapolation vers l'axe des températures. Ce point extrapolé se trouve à peu près à 14° au-dessus de Θ_f. Il se confond sensiblement avec le Point de Curie paramagnétique Θ_p.

L'existence des deux Points de Curie Θ_f et Θ_p déterminés, comme nous l'avons vu par la même région des températures, révèle la coexistence de deux propriétés différentes : La région au-dessous du Θ_f est caractérisée par l'existence d'une orientation spontanée. Mais la région de l'hystérèse s'étend jusqu'à Θ_p : dans cette région le renversement des moments magnétiques







demande un certain champ fini; ce renversement devient *spontané* pour Θ_p et au-dessus de Θ_p. La même région est le domaine du paramagnétisme. Cette identité rend plausible un mécanisme du paramagnétisme basé sur le renversement des moments.

On peut partager les propriétés ferromagnétiques en deux catégories suivant qu'elles sont en relation avec Θ_f ou avec Θ_p. Le champ coercitif du nickel et du fer s'annule pour Θ_p. Les coefficients a et b dans l'équation de l'aimantation initiale $I = aH + bH^2$ jouent des rôles différents. Pour le fer et le nickel $\frac{1}{a}$ tend vers zéro pour Θ_p, $\frac{1}{b}$ pour Θ_f. L'inverse du paramagnétisme superposé au ferromagnétisme tend vers zéro pour Θ_f.

Pour le nickel, le fer et le cobalt Θ_p est situé au-dessus de Θ_f. C'est le cas normal, $\Theta_p - \Theta_f$ est positif. La plupart des alliages ferromagnétiques rentrent dans cette catégorie (Ni-Cu, Fe-Ni, Ni-Co).

Si les deux Points de Curie sont l'expression de deux propriétés différentes, on peut se demander si $\Theta_p - \Theta_f$ peut être négatif, c'est-à-dire si Θ_p peut être situé au-dessous de Θ_f. Si Θ_p n'est pas seulement le résultat d'une extrapolation de la région de la loi de Weiss, mais en même temps la limite inférieure du renversement spontané, une aimantation spontanée n'est plus

possible au-dessus de cette température : on doit trouver une chute verticale de l'aimantation au Θ_p (voir *fig.* 2).

Et en réalité, les ferrocobalts (étudiés par Preuss) entre 30 et 70 pour 100 de Co montrent cette chute verticale. Et ce qui confirme tout particulièrement notre point de vue, dans ces alliages le Θ_p, établi par le paramagnétisme, est situé à la température de cette chute verticale. Dans la figure 3 sont représentées la variation de Θ_f et de Θ_p dans les ferrocobalts en fonction de la teneur en cobalt. La température de la chute verticale de l'aimantation spontanée est représentée par des petits cercles. On voit qu'ils se placent exactement sur la courbe des Θ_p.

La conclusion de cette étude est importante : pour obtenir une aimantation spontanée, l'existence d'un moment magnétique et une orientation spontanée ne suffisent pas ; il faut en plus de l'hystérèse. Le ferromagnétisme n'existe donc qu'au-dessous des deux points de Curie. Par contre le paramagnétisme est limité uniquement par Θ_p.

OPTIQUE. — *Description de la figure de diffraction au foyer moyen d'un faisceau astigmate.* Note de M. **A. Couder**, présentée par M. A. Cotton.

1. Depuis que Lord Rayleigh a énoncé la règle empirique bien connue qui assigne la limite des aberrations pratiquement tolérables, dans un système optique, en fixant à un quart d'onde les écarts qui ne doivent pas être dépassés, de nombreux auteurs ont étudié, par le calcul ou l'expérience, les modifications de la figure de diffraction focale qui résultent de cette différence de marche, lorsqu'elle est introduite par des aberrations de forme géométrique simple. On dispose actuellement de données complètes relatives aux aberrations sphériques du troisième et du cinquième ordre et de la coma.

Le cas de l'astigmatisme mérite la même attention : c'est cette aberration qui limite le champ de netteté dans une combinaison aplanétique. Son étude a été abordée théoriquement par M. A. Buxton. A ces calculs, il m'a paru utile de joindre la description des figures de diffraction observées.

2. Le dispositif qui m'a servi à produire un astigmatisme pur, facilement calculable, est le suivant : une lentille étroitement diaphragmée sert d'objectif pour observer une source de grand éclat et d'aspect stellaire ; cette lentille est portée par l'alidade d'un cercle divisé, qui permet de la faire tourner d'un angle connu autour d'une droite perpendiculaire à l'axe optique. La puissance de la lentille est 0,75 dioptrie, son indice vaut 1,52

pour la lumière verte isolée par le filtre employé. Un diaphragme fixe, circulaire, de $1^{mm},757$ de diamètre limite le faisceau. Un oculaire faible vise le plan équidistant des deux lignes focales qu'on détermine, pour chaque valeur de l'inclinaison de la lentille, en employant momentanément un diaphragme de 10^{mm}. Les angles de rotation mesurés vont de 20 à 50°.

Je prends pour mesure de l'astigmatisme la différence ε des flèches de courbure des méridiens principaux de la surface d'onde. Cette valeur est comparée à la longueur d'onde λ de la lumière employée.

3. Lorqu'on fait croître l'astigmatisme à partir de zéro, on observe les changements suivants :

Pour $\lambda : \varepsilon = 6{,}5$, la tache de diffraction est parfaitement ronde, mais la répartition de la lumière dans le premier anneau brillant est visiblement irrégulière : quatre faibles accroissements d'éclat sont perceptibles dans les azimuts principaux.

Pour $\lambda : \varepsilon = 4{,}4$, la tache centrale reste circulaire; le premier anneau se partage en quatre arcs brillants séparés par des intervalles obscurs. Entre chaque arc brillant et la tache centrale, il subsiste un minimum de lumière, mais ce minimum n'est plus nul. Une aberration astigmatique d'un quart d'onde est donc très sensible sur une image stellaire parfaite par ailleurs; toutefois, la tache centrale n'étant pas apparemment changée, le pouvoir séparateur ne doit pas être pratiquement diminué.

Pour $\lambda : \varepsilon = 2{,}5$, les arcs brillants se fondent avec la tache centrale; on ne voit plus trace du premier minimum, et l'image présente l'aspect d'une croix le long des bras de laquelle la lumière décroît régulièrement. Sur les bissectrices de ceux-ci, à 45° des azimuts principaux, on observe quatre faibles points lumineux qui sont les restes du deuxième anneau brillant.

PHYSIQUE. — *Sur les théories du spectre X continu et du phénomène de Compton*. Note de M. **E. Sevin**, présentée par M. d'Ocagne.

Les remarques formulées par M. Décombe (¹), au sujet de ce que nous avons dit, dans les *Comptes rendus*, du spectre X continu et du phénomène de Compton (²), appellent quelques commentaires de notre part.

Il est bien connu qu'un même phénomène peut être décrit d'une infinité

(¹) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1095.
(²) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 911 et 986.

de manières différentes et que l'intérêt de chacune d'elles ne peut être évalué que relativement aux conceptions générales que les divers auteurs placent à la base des logiques qu'ils entendent développer.

Or il résulte de l'étude des diverses Notes publiées aux *Comptes rendus* par M. Décombe, que les *conceptions*, qui forment le point de départ de ses travaux, diffèrent complètement des nôtres et qu'elles l'ont conduit à des vues tout à fait distinctes de celles que nous avons exposées. Néanmoins, comme sur un point — celui du spectre X continu — le *résultat*, auquel nous sommes parvenu, s'est trouvé avoir la même forme mathématique que dans le développement de M. Décombe, nous avons pensé qu'il convenait d'engager nos lecteurs à en faire le rapprochement ([1]).

En ce qui concerne le phénomène de Compton, aucun rapprochement ne nous a paru utile : M. Décombe a signalé des résonances, faisant intervenir l'une ou l'autre des composantes spéciales qu'il attribue à la radiation incidente, alors que, dans le mécanisme que nous avons décrit, seule la fréquence de cette radiation intervient. Nous devons toutefois préciser que, d'après notre théorie, la vitesse de l'électron se trouve déterminée en tenant compte de $\frac{v^2}{c^2}$ et que la longueur d'onde a exactement l'expression qui résulte du premier postulat de M. L. de Broglie.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les phénomènes d'orientation et de pseudo-cristallisation, résultant de l'action de la traction dans les gels colloïdaux.* Note de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. M. de Broglie.

On sait que des films de cellulose, de nitro ou d'acétate de cellulose sont susceptibles de devenir biréfringents lorsqu'on exerce une traction à une de leurs extrémités. Nous avons cherché à étudier ce phénomène d'une façon quantitative au moyen des diagrammes de rayons X.

Dans ce but, une série de films, préparés de façon à présenter des taux d'étirement rémanent variables, a été examinée dans trois directions perpendiculaires, de façon à localiser dans l'espace les orientations des molécules.

Les poses étaient prises en 45 minutes, au moyen d'un tube démontable fonctionnant sous une tension constante de 40000 volts, avec un courant de

([1]) *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 912.

40 milliampères (rayons K du cuivre); le fond continu émis par le tube ne modifie pas l'aspect des diagrammes, comme on l'a vérifié au moyen d'une filtration par l'aluminium.

Les diagrammes obtenus avec les échantillons témoins (non étirés) consistent en halos amorphes réguliers.

Résultats. — 1° A mesure que le degré d'étirement croît, il apparaît une anisotropie moléculaire, caractérisée par l'apparition sur les halos, de renforcements situés sur la ligne équatoriale. Ces renforcements n'apparaissent que dans deux directions sur les trois étudiées, et prouvent que les longues chaînes moléculaires tendent à s'orienter suivant la direction de traction.

2° Il est possible, par la mesure de la longueur des secteurs renforcés, d'évaluer le degré d'oscillation moyen des molécules autour de cette direction; ce degré d'oscillation diminue avec une traction croissante. Pour l'acétate de cellulose par exemple, il passe de $\mp 40°$ (étirement 1200/1000) à $\mp 20°$ (étirement 2600/1000) suivant la surface du film, et de $\mp 55°$ (étirement 1200/1000) à $\mp 20°$ (étirement 2600/1000) suivant la tranche.

3° Pour les très forts étirements, le diagramme prend une apparence très remarquable (déformation des anneaux en ellipses). Il apparaît en outre de nouveaux renforcements, qui se précisent en finesse et en intensité, à mesure que le degré d'étirement augmente. Ces renforcements sont situés, comme le montrent les mesures, aux endroits exacts des raies les plus intenses des mêmes substances à l'état parfaitement cristallisé. La comparaison des clichés ne laisse subsister aucun doute sur ce point.

4° Le passage de l'état amorphe à un état voisin de l'état cristallin se fait donc par étapes graduelles dans le gel colloïdal. La structure finale obtenue est une structure pseudo-cristalline dans laquelle les molécules occupent sensiblement les positions qu'elles ont dans le réseau cristallin, mais où elles ne sont pas encore parfaitement alignées : d'où le jeu ou « battement » indiqué au paragraphe précédent. De plus, la subsistance d'une phase amorphe résiduelle s'oppose à la formation cristalline parfaite.

De tels échantillons sont naturellement très fortement biréfringents.

5° Ces phénomènes sont en bon accord avec l'hypothèse que nous avons émise antérieurement sur la structure des gels colloïdaux, suivant laquelle ceux-ci possèdent un arrangement moléculaire statistique analogue à celui d'un liquide qui aurait été figé brusquement. L'isotropie à l'instant *t* est ainsi conservée, et les diagrammes de rayons X sont, lorsqu'on ne fait pas agir d'influences extérieures telles que la traction, comparables à ceux d'un liquide.

Dans le cas des nitro ou acéto-celluloses, la forme allongée des molécules explique entièrement les effets observés.

6° La structure ainsi obtenue explique les propriétés mécaniques directionnelles des produits écrouis. Il est certain que les propriétés chimiques superficielles, telles que l'adsorption ou la teinture, doivent aussi subir de ce fait des variations, par suite de l'orientation des groupes actifs; ceci a été confirmé par ailleurs pour les soies artificielles. Ainsi diverses actions physiques, telles que traction, filage, laminage, flexion, etc., sont susceptibles de modifier la répartition superficielle de groupes actifs liés aux molécules capables de s'orienter. Il est ainsi possible de modifier les propriétés chimiques sans changer en rien la constitution des corps étudiés.

RADIOACTIVITÉ. — *Production des rayons H de désintégration sous l'action du rayonnement α du polonium.* Note [1] de M. **C. Pawlowski**, présentée par M. Jean Perrin.

a. Marche des expériences. — J'ai effectué l'étude de la désintégration de l'aluminium par la méthode des scintillations en employant le mode direct d'observations.

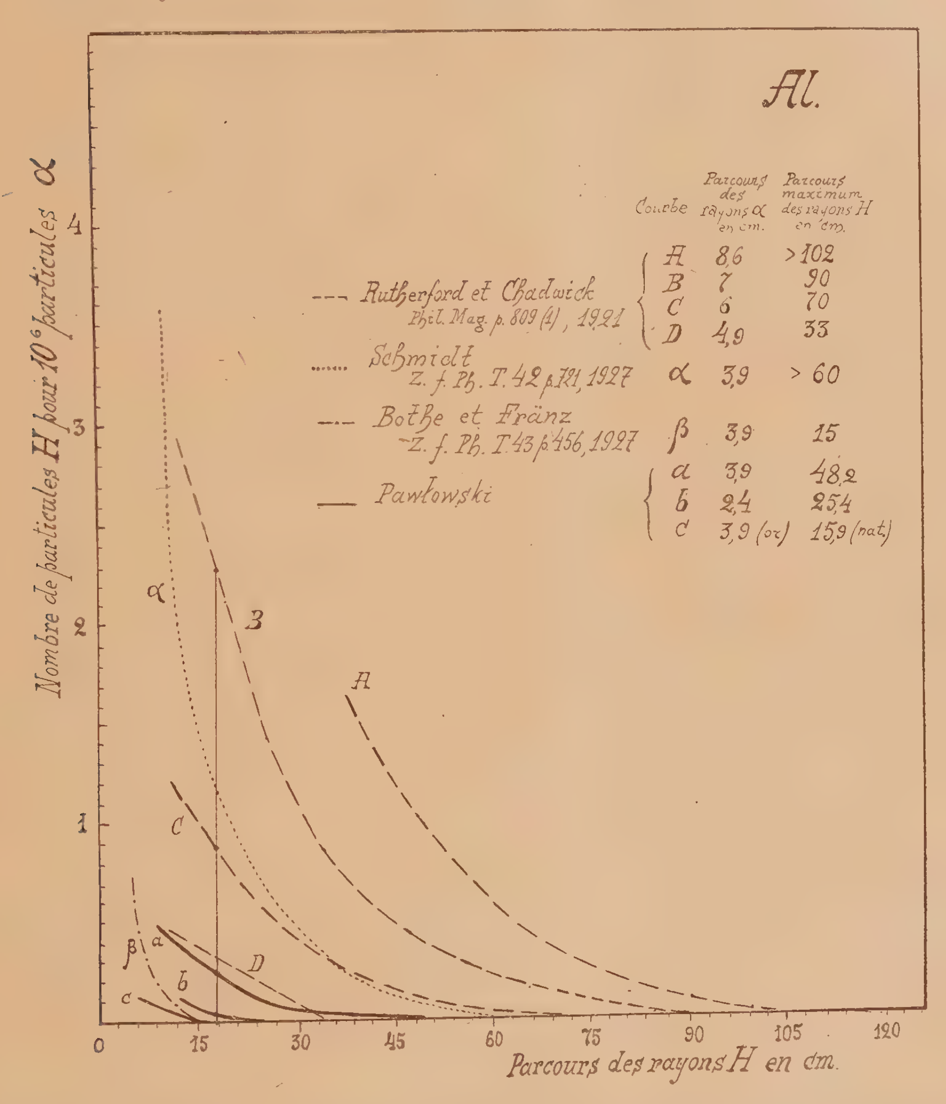
Comme source des rayons primaires, j'ai utilisé du Po déposé sur un support en argent circulaire de 3^{mm} de diamètre. L'activité de cette source, mesurée à l'aide d'un appareil absolu de Mme P. Curie [2], correspondait à un courant de saturation de 3020 U. E. S. La source a été enveloppée dans trois feuilles d'aluminium d'une épaisseur totale équivalente à $4^{cm},5$ d'air. J'ai employé tous les moyens possibles pour chasser les gaz et les vapeurs de la source et des feuilles.

Le radiateur d'aluminium ainsi obtenu a été placé dans un appareil à gaz comprimé [3]. J'ai observé les scintillations provenant de ce radiateur, en augmentant graduellement la pression du CO^2. Dans ces conditions, les expériences n'auraient pu être continuées que jusqu'à 20^{cm} de parcours des rayons H. Pour déterminer le rapport du nombre des particules H et du nombre des particules α, je me suis servi de la méthode de Yamada [4].

(1) Séance du 29 avril 1929.
(2) Mme P. Curie, *Jour. de Chim. phys.*, 22, 1925, p. 142.
(3) I. Curie et N. Yamada, *Jour. de Phys.*, 6, 1925, p. 370.
(4) N. Yamada, *Jour. de Phys.*, 6, 1925, p. 380.

D'après ces mesures j'ai tracé une partie de la courbe d'absorption des rayons H.

Pour les rayons H de longs parcours, j'ai dû employer un autre appareil



permettant de placer le radiateur près de l'écran au ZnS, afin d'augmenter le nombre des scintillations observées par minute. Des feuilles d'aluminium ont été introduites, une à une, entre le radiateur et l'écran au ZnS, jusqu'à absorption complète. La forme de la courbe d'absorption obtenue pour l'angle solide de 2π a été peu altérée par l'obliquité des rayons; cette

courbe a conservé l'allure de la partie de la courbe d'absorption que j'ai obtenue pour les faibles absorptions.

Pour éliminer l'influence des rayons H provenant de la source sur les résultats obtenus pour l'aluminium, j'ai répété avec un radiateur d'or les mesures précédentes. J'ai obtenu la courbe d'absorption c (voir *fig.* 1), qui donne pour les rayons H un parcours maximum d'environ 16^{cm}.

Les résultats pour l'aluminium, après correction, sont représentés sur la figure 1 par la courbe a, qui indique que le parcours maximum des rayons H_{Al}, excités par les rayons α de Po, atteint $48^{cm},2$.

Une deuxième série d'expériences sur l'absorption des rayons H_{Al} a été effectuée pour les rayons du Po ayant traversé une feuille d'or d'une épaisseur équivalente à $1^{cm},5$ d'air. Dans ce cas, le parcours des rayons H_{Al} ne dépasse pas $25^{cm},4$ (voir la courbe b, *fig.* 1).

b. Discussion des résultats. — Afin d'établir la comparaison des résultats de mon travail avec ceux des travaux précédents, j'ai représenté sur la figure 1 ceux qui ont été obtenus à l'aide de la méthode directe.

Les résultats de mes mesures sont les suivants :

1° Les rayons α du Po sont capables de produire la désintégration de l'aluminium, ainsi que l'a montré Schmidt. Les rayons H_{Al} peuvent être produits non seulement par des rayons α d'un parcours de $3^{cm},9$, mais aussi par ceux d'un parcours de $2^{cm},4$.

2° Au point de vue du nombre de particules H_{Al}, mes résultats concordent mieux avec ceux que Rutherford a obtenu par l'emploi de rayons α de $4^{cm},9$ de parcours qu'avec ceux de Schmidt et de Bothe et Fränz, qui utilisaient les rayons du polonium.

3° L'allure des courbes a et b est presque semblable à celle des courbes A, B, C de Rutherford.

4° Le parcours maximum des particules H_{Al} émises sous l'action des rayons du Po est de $48^{cm},2$; Rutherford a trouvé 33^{cm} avec les rayons α de $4^{cm},9$ de parcours.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibres entre l'eau, les nitrates et les sulfates de sodium et de potassium.* Note de MM. **E. Cornec**, **H. Krombach** et **A. Spack**, présentée par M. G. Urbain.

Les équilibres entre l'eau, les nitrates et les sulfates de sodium et de potassium, qui sont en relation avec l'industrie du nitrate de sodium du

Chili et avec l'industrie du nitrate de potassium de l'Inde, ont été étudiés en 1926 par M. A. Hamid [1] à deux températures : 90° et 25°.

Notre étude a porté sur tout l'intervalle de température compris entre 90° et — 2°. Les résultats obtenus à 90° et à 25° sont, même du point de vue qualitatif, en contradiction avec ceux de Hamid; en particulier nous n'avons pas retrouvé le sel triple que cet auteur fait intervenir à 25°, mais qu'il n'a pu isoler.

Nos mesures sont assez nombreuses pour pouvoir déterminer par interpolation, le diagramme correspondant à une température quelconque. On peut, à l'aide des figures schématiques ci-dessous, se faire une idée de la variété des phénomènes observés.

A température constante, les compositions des solutions saturées, abstraction faite de l'eau, peuvent être rapportées à un carré dont les sommets correspondent aux sels simples : NO^3Na, NO^3K, SO^4Na^2, SO^4K^2. La figure I correspond à 90°; sept lignes, qui représentent sept séries de solutions saturées de deux sels, divisent le carré en cinq domaines notés : NO^3Na, NO^3K, SO^4K^2, S_0 (sulfate de sodium anhydre) et G (sulfate double de K et de Na ou glasérite). Contrairement à l'opinion de Hamid, le NO^3Na et la glasérite ne peuvent coexister.

Lorsque la température s'abaisse, le diagramme se déforme d'abord sans changer de type. A 74°, le sel double SO^4Na^2, NO^3Na, H^2O ou darapskite, que nous représenterons par le symbole D, fait son apparition sur le côté SO^4Na^2 — NO^3Na; son domaine prend la forme d'un triangle très effilé (le schéma II représente la partie utile du diagramme) qui grandit et atteint le domaine du NO^3K à 60°, en un point représentant une solution saturée de quatre sels.

Le couple D-NO^3K, instable au-dessus de 60°, est stable au-dessous (schéma III). Les domaines des deux sels doubles D et G se rapprochent, puis se touchent à 44° en un point de quatre sels, qui, comme celui de 60°, est un point d'inversion.

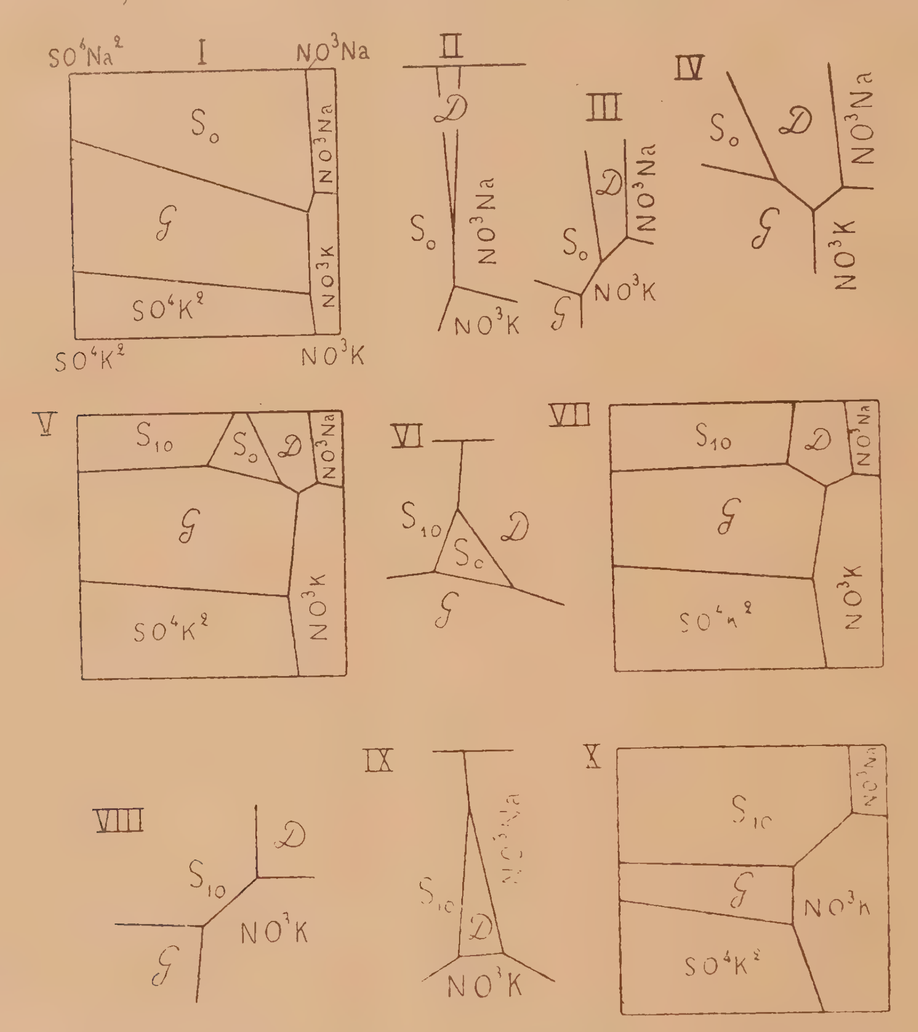
Au-dessous de 44°, les deux sels doubles peuvent coexister, comme on le voit sur le schéma IV. A 32°,4 le sel de Glauber, $SO^4Na^2 10H^2O$ (symbole S_{10}), fait son apparition, puis son domaine s'étend autour du sommet SO^4Na^2 et à 30°,9 il vient toucher le domaine de la glasérite sur le côté SO^4Na^2 — SO^4K^2.

Au-dessous de 30°,9, le diagramme est du type représenté en V et il

---

(1) A. Hamid, *Chemical Society*, **129**, 1926, p. 199.

reste de ce type jusqu'à 24°,3. A cette température, les domaines du sel de Glauber et de la darapskite viennent en contact sur le côté SO^4Na^2—NO^3Na. Au-dessous, le domaine du sulfate de sodium anhydre ne s'appuie plus sur



le contour du carré (schéma VI). La température s'abaissant toujours, les sommets du triangle se rapprochent, puis se réunissent à 21°,8 en un point de quatre sels.

La figure VII se rapporte à une température inférieure à 22°. Le domaine du sel de Glauber, continuant à s'étendre, atteint le champ du NO^3K à 17°,6 en un quatrième point de quatre sels, au-dessous duquel les deux sels doubles ne peuvent plus coexister (schéma VIII).

Le domaine de la darapskite quitte le côté $SO^4Na^2 — NO^3Na$ à 13°; il prend une forme triangulaire (schéma IX) puis disparaît à 10°, température à laquelle on a une cinquième solution saturée de quatre sels.

Au-dessous de 10° la darapskite n'intervient plus dans les équilibres (*fig.* X). A 1°,8 le domaine du sel de Glauber atteint celui du SO^4K^2 sur le côté $SO^4Na^2 — SO^4K^2$. Le domaine de la glasérite prend dès lors une forme triangulaire et ce sel double disparaît à — 2°, température à laquelle on a une solution saturée de quatre sels.

Il y a lieu de signaler que le point représentatif de la solution saturée de S_{10}, NO^3K, G franchit la diagonale $SO^4Na^2 — NO^3K$ à + 1°,4; par suite, le système quaternaire $H^2O — NO^3 — SO^4 — Na — K$ se divise au-dessous de cette température en deux systèmes quaternaires

$$H^2O — NO^3Na — SO^4Na^2 — NO^3K \quad \text{et} \quad H^2O — SO^4K^2 — SO^4Na^2 — NO^3K.$$

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un nouveau mode de préparation du fluorure d'oxygène.* Note de MM. **P. Lebeau** et **A. Damiens**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Nous avons indiqué antérieurement (¹) qu'il se produisait, dans l'électrolyse d'un bain de fluorure acide de potassium contenant une petite quantité d'eau, un composé oxygéné du fluor répondant à la formule F^2O. Toutefois, ce nouveau gaz, dont nous avons pu établir la composition et faire connaître quelques propriétés, était toujours souillé d'oxygène, et sa proportion dans le mélange dépassait rarement 30 pour 100.

Un très grand nombre d'essais ont été depuis poursuivis par nous, afin d'arriver à la préparation du gaz pur.

La présence de l'oxygène est due à l'action du fluor sur l'eau, étant donnée la nécessité de recueillir le fluorure d'oxygène mélangé de fluor sur ce liquide. Pour diminuer la quantité d'oxygène, nous avons, tout d'abord, cherché à nous placer dans des conditions où la formation de l'eau oxygénée (deuxième terme d'action du fluor sur l'eau) pouvait être favorisée au détriment de la libération de l'oxygène. A cet effet, le gaz sortant de l'appareil à fluor (fluor et fluorure d'oxygène) a été mis en contact avec des solutions contenant différents acides, mais les résultats ont toujours été à peu près négatifs.

L'un de nous ayant eu autrefois l'occasion d'observer, au cours de recherches poursuivies dans le laboratoire d'Henri Moissan, la formation de solides de couleur jaune plus ou moins foncée dans l'action du fluor sur les solutions alcalines — combi-

---

(¹) *Comptes rendus*, **185**, 1927, p. 652.

naisons considérées depuis comme se rapprochant des ozonates de Bayer (¹) —, l'étude de cette réaction fut reprise avec le mélange de fluor et de fluorure d'oxygène : ces combinaisons jaunes pouvant, en effet, fixer sous forme d'ozone, ou même d'eau oxygénée, une partie de l'oxygène,

Les recherches ainsi conduites donnèrent immédiatement des résultats fort encourageants, et tout à fait imprévus. Nous avons, en effet, constaté que le gaz recueilli sur une lessive alcaline est plus riche en fluorure d'oxygène que lorsqu'il est dégagé sur l'eau, à partir d'un même mélange de fluor et de fluorure d'oxygène.

D'autre part, nous avons reconnu que le fluor pur traversant, dans des conditions bien déterminées, une solution alcaline de soude par exemple, donnait un mélange riche en fluorure d'oxygène.

Nous étions donc en présence d'un nouveau mode de formation de ce dernier composé.

A la suite d'essais méthodiques, il fut constaté que les meilleures conditions de production du fluorure d'oxygène correspondaient au passage rapide de petites bulles de fluor dans une solution de soude de concentration convenable, le titre en soude de la solution ayant une notable influence. Le gaz ainsi préparé pouvait renfermer jusqu'à 70 pour 100 du composé F^2O.

Les conditions reconnues jusqu'ici comme étant les plus favorables sont celles dans lesquelles le mélange gazeux est amené à la vitesse de 1^l à l'heure, par un tube de platine d'un diamètre intérieur de 2^{mm}, dans une solution de soude d'une concentration voisine de 2 pour 100 en OHNa, qu'il traverse sous une épaisseur de 1^{cm} environ.

Dans le dispositif employé, le gaz est aussitôt aspiré, de manière à être soustrait à l'action ultérieure de la solution alcaline. Dans le cas où l'on emploie du fluor pur, la moitié du fluor est retenue par la soude à l'état de fluorure alcalin. Il est à remarquer, toutefois, qu'une combinaison instable, à pouvoir oxydant marqué, se forme transitoirement dans cette réaction.

On peut exprimer l'action du fluor sur la lessive alcaline en tenant compte du résultat final, par l'équation suivante :

$$2F^2 + 2OHNa = 2FNa + F^2O + OH^2.$$

Le gaz est recueilli dans une cloche sur une cuve à eau, ce qui élimine la petite quantité de fluor qui a pu échapper à l'action de la soude, en raison du passage rapide du gaz. On opère ensuite la liquéfaction au moyen d'air liquide, et on procède au fractionnement.

(¹) Fichter et Bladergroen, *Helvetica Chimica Acta*, 10, 1927, p. 550.

La température du mélange liquéfié étant, au début, environ —190°, on laisse l'échauffement se produire très lentement; un arrêt dans l'élévation de la température a été constaté à —167°, coïncidant vraisemblablement avec le point d'ébullition du corps pur.

Les diverses portions recueillies ont été analysées, et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Numéro d'ordre.	Volume.	Température d'ébullition.	Titre en F^2O (pour 100).	Densité trouvée.	Densité calculée d'après le titre.
	cm³	°			
1.......	250	—190	12	»	»
2.......	250	—188	12,3	»	»
3.......	250	—186,5 à 177,5	21	»	»
4.......	250	—177,5 à 169,5	66	»	»
5.......	125	—169,5 à 167	88	»	»
6.......	150	—167	»	»	»
7.......	150	—167	90	»	»
8.......	150	—167 à 166	94,8	1,836	1,825
9.......	150	—166 à 165	96,1	1,835	1,834
10.......	20	»	>97	»	»

Dans cette nouvelle série de recherches, faites au moyen du fluorure d'oxygène presque pur, nous avons pu confirmer sa formule, vérifier quantitativement ses diverses réactions, mentionnées dans notre première Note, et déterminer son point d'ébullition, qui est voisin de —167°; ce corps est encore liquide à —190°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la solubilité du silicium dans l'acide fluorhydrique.* Note de M. **Ch. Bedel** présentée par M. A. Behal.

Moissan et Siemens [1] ont montré que le silicium obtenu par cristallisation dans l'argent se dissolvait rapidement dans la solution d'acide fluorhydrique, alors qu'il était admis jusque-là que le silicium était insoluble dans un tel liquide. Ils pensaient être en présence d'une nouvelle variété de cet élément.

Lebeau [2], puis Philips [3], ont également rencontré du silicium soluble en petite quantité dans des cuivres siliciés.

---

(1) Moissan et Siemens, *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 1299.
(2) Lebeau, *Comptes rendus*, **142**, 1906, p. 154.
(3) Philips, *Metallurgie*, **4**, 1907, p. 587, 613.

Manchot [1] et ses collaborateurs, par une étude systématique de la solubilité de ce corps simple, arrivent à la conclusion qu'il est toujours soluble dans l'acide fluorhydrique. Ils n'admettent pas l'existence de deux modifications allotropiques, et ils expliquent les différences de solubilité par l'état de division plus ou moins grand du produit.

Nous avons repris l'étude de cette solubilité du silicium dans l'acide fluorhydrique.

L'acide que nous avons employé était sensiblement pur. Il ne laissait, par évaporation, que $0^{g},002$ pour 100 de résidu, et ne renfermait que des traces d'acide chlorhydrique. Il était exempt d'acide azotique et d'acide sulfurique.

Par contre, tous les échantillons de silicium contenaient de la silice et des traces de fer. Nous avons décelé en outre par des réactions microchimiques, la présence d'aluminium et de plomb dans le silicium à l'aluminium, de zinc et de plomb dans celui au zinc, de magnésium dans le silicium amorphe, et d'argent dans le silicium à l'argent.

Pour obtenir les résultats consignés dans le tableau suivant, nous avons attaqué le silicium dans un creuset de platine au bain de sable, puis pesé le résidu sur filtres tarés. Chaque prise d'essai a été traitée deux fois par l'acide fluorhydrique. Nous avons utilisé une solution de concentration voisine de la composition $HF\,2H^2O$, qui correspond à un liquide dont le point d'ébullition est fixe.

					Soluble.			
Silicium :	Teneur en Si.	Dimension des particules (en mm.).	Prise d'essai.	Durée d'attaque (en heures).	Par prise d'essai.	Par heure (en mg.).	Pour 100.	Pour 100 par heure.
A l'aluminium..	95,95	0,05 à 0,15	0,5096	11^h	0,0302	2,74	5,92	0,53
			0,4512	8	0,0198	2,47	4,38	0,54
Au zinc.......	89,11	0,60 à 8	0,5685	9	0,0875	9,72	15,39	1,71
			0,4810	9	0,0577	6,41	11,99	1,33
A l'argent......	78,77	0,02 à 0,04	0,4666	0.30^m	0,1547	309,40	33,15	66,30
			0,2976	6	0,2016	33,60	67,74	11,29
Fondu........	94,83	»	0,4877	9	0,0138	1,53	2,83	0,31
			0,4726	9	0,0056	0,62	1,18	0,13
Amorphe......	94,82	0,01 à 0,15	0,3117	9	0,0411	4,56	13,18	1,46
			0,2575	9.30^m	0,0179	1,88	6,95	0,73

(1) Manchot, *Z. anorg. Chem.*, **120**, 1921, p. 277; *Berichte*, **54**, II, 1921, p. 3107. — Manchot et Funk, *Z. anorg. Chem.*, **122**, 1922, p. 22. — Manchot, *Z. anorg. Chem.*, **124**, 1922, p. 333.

La solubilité du silicium dans l'acide fluorhydrique varie avec la concentration en acide. Nous avons remarqué, en opérant à chaud, dans un creuset de platine sur du silicium à l'aluminium, qu'elle croît tout d'abord au fur et à mesure que le liquide s'enrichit en acide. Pour une teneur de 14 pour 100 d'acide environ, elle atteint 1,25 pour 100 par heure. Elle décroît ensuite : une solution voisine de 40 pour 100 d'acide fluorhydrique ne dissout plus que 0,3 pour 100 de silicium par heure. Lorsque la concentration augmente encore, la solubilité recommence à croître.

Ces résultats, qui ne permettent pas d'attribuer les variations de solubilité à des états de division différents du produit, montrent que la concentration est un facteur important de l'attaque du silicium par l'acide fluorhydrique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des acétals forméniques.* Note (1) de Mlle **M. Cabanac**, présentée par M. Paul Sabatier.

Je me suis proposé d'étudier l'hydrogénation des acétals suivant la méthode de MM. Sabatier et Senderens.

A cet effet, j'ai employé du nickel provenant de la réduction vers 300° d'un mélange d'oxalate et d'oxyde de ce métal.

L'activité de ce nickel ne commence à se manifester à l'égard des mélanges d'hydrogène et d'acétals qu'à partir de la température de 200°, et c'est vers 210° que j'ai obtenu les meilleurs résultats.

L'*hydrogénation de l'acétal diéthylique* ne m'a fourni aucun composé gazeux mélangé avec l'excès d'hydrogène. Ce dernier gaz, recueilli à la sortie de l'appareil de condensation soigneusement refroidi, brûlait avec sa flamme pâle ordinaire.

Par une longue série de distillations fractionnées, il m'a été possible de partager le liquide condensé en quatre portions.

1° Une portion qui passe à 34°-36° et qui représente environ le quart de la totalité du liquide. Cette portion est constituée par de l'éther ordinaire mélangé à des traces d'aldéhyde et d'alcool dont il est facile de le débarrasser par un contact prolongé avec de la potasse solide, qui résinifie l'aldéhyde, puis avec du sodium, qui décompose l'alcool.

Une nouvelle distillation fournit de l'éther passant à 35°.

---

(1) Séance du 29 avril 1929.

2° Une portion passant à 76°-80° et constituant à peu près la moitié du volume des produits liquides. Cette portion est formée d'alcool éthylique, mélangé d'un peu d'eau et d'acétal, qu'il est aisé de purifier en le traitant par la baryte.

3° De l'acétal inaltéré, qui passe à 102°-103° parce qu'il est mélangé avec un peu d'alcool, facile d'ailleurs à éliminer par l'action du sodium.

4° Un résidu obtenu en trop petite quantité pour qu'il m'ait été possible de l'étudier.

Le mécanisme de cette hydrogénation de l'acétal peut être représenté par l'équation

$$CH^3CH\begin{matrix}\diagup OC^2H^5\\ \diagdown OC^2H^5\end{matrix} + H^2 = CH^3CH^2OC^2H^5 + C^2H^5OH.$$

Ce mécanisme est le plus simple que l'on puisse imaginer, mais il demandait à être vérifié pour d'autres acétals, car on peut faire plusieurs autres hypothèses logiques sur la formation d'éther et d'alcool à partir d'une molécule constituée seulement par des radicaux à deux atomes de carbone unis par de l'oxygène.

L'*hydrogénation de l'acétal dipropylique normal*, effectuée aussi vers 210°, a confirmé l'hypothèse la plus simple. J'ai obtenu, indépendamment d'un résidu lourd insignifiant, trois portions ayant à peu près le même volume :

1° Une portion passant à 64°-65°, qui est de l'oxyde d'éthyle et de propyle mélangé à des traces d'aldéhyde éthylique.

Après élimination de cet aldéhyde par un traitement au sodium suivi d'une distillation, j'ai obtenu cet éther à l'état de pureté, sous forme d'un liquide mobile bouillant à 64° et d'odeur analogue à celle de l'éther ordinaire.

2° Une portion bouillant à 97°-98° formée d'alcool propylique.

Et enfin 3° une portion bouillant à 146°-148° et constituée par de l'acétal propylique inaltéré.

L'hydrogénation de l'acétal dipropylique confirme donc l'hypothèse de la coupure de la molécule d'acétal en deux fragments, qui s'hydrogènent pour donner, l'un l'éther éthylpropylique, l'autre l'alcool propylique :

$$CH^3CH\begin{matrix}\diagup OC^3H^7\\ \diagdown OC^3H^7\end{matrix} + H^2 = CH^3CH^2OC^3H^7 + C^3H^7OH.$$

L'expérience m'a montré que je pouvais généraliser cette conception et l'appliquer à d'autres acétals, notamment à l'acétal dibutylique normal; tous m'ont fourni des produits analogues : oxyde mixte d'éthyle et du

radical de l'alcool générateur de l'acétal, cet alcool lui-même, et l'acétal inaltéré.

En résumé, l'hydrogénation des acétals forméniques s'effectuant par un mécanisme très simple, et qui paraît général, peut constituer une méthode de préparation des éthers oxydes symétriques ou mixtes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition thermique des alcoolates organo-magnésiens.* Note (¹) de M. **D. Ivanoff**, transmise par M. V. Grignard.

J'ai cherché à préparer des éthers-oxydes, à partir des alcoolates magnésiens, en leur faisant subir une décomposition pyrogénée, d'après la réaction suivante :

$$\begin{array}{l} R-O-MgX \\ R-O-MgX \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} R \\ R \end{array}\!\!>O + MgX^2 + MgO.$$

Or, cette réaction ne s'effectue pas, ou bien, dans quelques cas, elle se fait seulement dans une petite mesure. Les principaux produits de la décomposition sont ; l'oxyde de magnésium, l'halogénure de magnésium, l'hydrocarbure éthylénique correspondant, ses polymères et l'alcool correspondant. A part ces produits, il se forme, en petites quantités, d'autres corps comme les dérivés halogénés des hydrocarbures éthyléniques et de l'alcool, l'aldéhyde correspondant, des hydrocarbures saturés et de l'hydrogène.

Le mécanisme principal de la réaction peut être exprimé par le schéma suivant :

$$\begin{array}{l}
(R-CH=CH^2)x \\
\qquad\uparrow \\
R-CH=CH^2+H^2O \\
\qquad\uparrow \\
R-CH^2-CH^2-OH+MgX^2 \\
\qquad\uparrow \\
R-CH^2-CH^2-O-MgX \\
R-CH^2-C\begin{array}{l}\diagup H \\ \diagdown H\end{array}\text{———}O\quad MgX \\
\qquad\downarrow \\
R-CH=CH^2+MgO \\
\qquad\downarrow \\
(R-CH=CH^2)x
\end{array}$$

(¹) Séance du 29 avril 1929.

A partir de deux molécules de magnésien, il se forme MgX^2 et MgO, puis un atome d'hydrogène d'une des molécules migre sur l'oxygène de l'autre et donne l'alcool, tandis que le radical alcoylidène se transpose en hydrocarbure non saturé. Une partie de l'alcool, de son côté, se déshydrate sur la masse solide, MgX^2, MgO, et donne l'hydrocarbure non saturé et de l'eau. Une petite quantité de l'hydrocarbure éthylénique se polymérise en hydrocarbures non saturés liquides. En réalité, l'identité de ces polymères n'a pas été établie, j'ai constaté seulement qu'ils fixent du brome.

La décomposition se fait entre 330-350°, pour les alcoolates magnésiens primaires, entre 190-220°, pour les alcoolates secondaires et hydroaromatiques et entre 140-160° pour les alcoolates tertiaires. Les alcoolates arylaliphatiques subissent cette décomposition, de 380 à 400°, et les phénolates vers 500°.

Cette réaction a été appliquée sur les alcoolates des dérivés halogénés suivants : C^2H^5-Br, *n*-C^3H^7-Br, *n*-C^4H^9Cl, *iso*-C^5H^{11}-Br, *iso*-C^3H^7-Br, *ter*-C^4H^9Br, C^6H^{11}-Br, C^6H^5-CH^2-Cl et C^6H^5-Br.

L'oxydation des magnésiens est faite en vase fermé ([1]). Les alcoolates de *ter*-C^4H^9-Br et de C^6H^5-Br, à cause du faible rendement du magnésien, ont été préparés par double décomposition de l'alcool, ou du phénol correspondant, et de C^2H^5-MgBr. Après avoir chassé l'éther au bain-marie, et finalement, au bain d'huile, l'alcoolate solide est mis dans un long tube en pyrex et la décomposition est faite dans un four électrique.

Pour démontrer l'exactitude du mécanisme de cette décomposition, à la température indiquée ci-dessus, j'ai fait passer sur la masse solide, résultant d'une opération (MgX^2, MgO), les éthers-oxydes correspondant aux alcoolates ($C^2H^5.O.C^2H^5$ et *n*-$C^4H^9.O.C^4H^9$). Il y a eu une très faible décomposition en hydrocarbure et alcool, tandis que dans les mêmes conditions les alcools correspondants se déshydratent très facilement sur la même masse. D'autres essais ont montré que *c'est l'halogénure de magnésium qui est le catalyseur de déshydratation.*

([1]) D. Ivanoff, *Bull. Soc. chim.*, 39, 1926, p. 47.

GÉOLOGIE. — *Existence d'une formation marine éocène dans la dépression de Toulven (Finistère).* Note de M. **Y. Milon**, présentée par M. L. Cayeux.

Au sud de Quimper, s'étend sur 2000 hectares la dépression de Toulven. De forme triangulaire, elle se termine à l'Est près du bourg de Pleuven, et s'ouvre largement à l'Ouest dans la vallée maritime de l'Odet. Des argiles blanches, légèrement calcaires, tapissent le fond de cette cuvette, et passent latéralement à des sables.

Les bords du bassin de Toulven sont couverts, jusqu'à l'altitude de 30^{m}, par les débris d'une importante formation gréseuse démantelée rappelant les *grès à Sabalites* du Maine et de l'Anjou. Dans ces grès, H. du Laurens a découvert, en 1912 [1], des fragments de bois fossiles; et ses récoltes successives, mises en œuvre par M. Kowalewski et Mrs Reid, confirment l'âge éocène de la flore de Toulven. Ces grès à plantes étaient considérés jusqu'à présent comme des formations continentales ou lacustres. En réalité, l'histoire de la région est beaucoup plus complexe.

J'ai pu reconnaître, au microscope, dans les *formations à plantes* de Toulven, les types lithologiques suivants :

1° Des grès, à éléments anguleux, de dimensions très variables, cimentés par de la silice fibreuse (calcédonite). Ils renferment des fragments de végétaux, et sont exactement comparables aux grès à Sabalites.

2° Des calcaires durs, à cassure conchoïdale, formés par une fine boue de calcite, englobant quelques débris de plantes.

3° Des silex, de couleur claire, à patine blanche. Leur roche mère doit être le calcaire précité. L'un de ces silex, qui porte, incrusté dans sa patine, une empreinte de graine, se révèle, au microscope, comme extrêmement riche en microfossiles : Radiolaires, spicules de Spongiaires, Bryozoaires, Foraminifères (*Rotalia*, *Textularia*).

La découverte de ces organismes marins dans les *formations à plantes* de Toulven appelle les observations suivantes :

I. En ce qui concerne les méthodes de recherche, elle montre, une fois de plus, l'intérêt que présente l'étude des accidents siliceux, préconisée par M. Cayeux.

---

[1] H. du Laurens, *Sur un gisement de grès tertiaire fossilifère trouvé dans le Finistère* (*Bull. Soc. scientifique et médicale de l'Ouest*, 21, 1912, p. 73-74).

II. La dépression de Toulven a été envahie par la mer à l'Éocène. Cette invasion marine a dû influer, par suite, d'une façon décisive, sur le tracé du réseau hydrographique.

III. Dans le sud du Massif armoricain, d'autres dépressions ont eu une évolution analogue : Bouin, Arthon, Grande Brière, estuaire du Blavet [1]. L'océan Atlantique a donc, dès l'Éocène, entamé en de nombreux points le rivage actuel. M. de Martonne [2] a indiqué que les échancrures, très découpées, du littoral sud-armoricain, sont très différentes des Rias de la côte nord. Ces différences doivent remonter à un passé lointain. Il est probable que toutes ces rivières digitées et petites mers intérieures (y compris le Morbihan) existaient déjà à l'Éocène, et ont été envahies par la mer dès le début de l'époque Tertiaire.

GÉOLOGIE. — *Sur un faciès particulier du Pliocène supérieur de la vallée de l'Aujon* (*Haute-Marne*). Note de M. **Bruet**, présentée par M. L. Cayeux.

Grâce à un puits et à une galerie d'âge Gallo-Romain (âge déterminé par une poterie), nous avons pu étudier un faciès particulier du Pliocène supérieur de l'Aujon, dans la coupe de bois n° 20, de la série dite de la vendue, de la forêt d'Arc. Un boisage effectué par nos soins permet, en effet, actuellement de relever la coupe suivante dans une fracture verticale de direction N 18° W de 1^{m} environ de largeur ouverte dans les calcaires du Bathonien supérieur à *Rhynchonella spathica* Lmk et à *Rhynchonella varians* Schlot.

De haut en bas (voir le schéma ci-contre) :

1° Un remplissage de gros éléments plus ou moins arrondis semblables comme nature de la roche au calcaire des épontes avec une masse d'ocre rouge de décalcification de 4^{m} environ d'épaisseur (hauteur dans la fracture).

2° Également sur la largeur de la fracture, une couche d'os fossiles broyés en petits éléments noyés dans l'argile, ayant de 0^{m},10 à 0^{m},20 d'épaisseur.

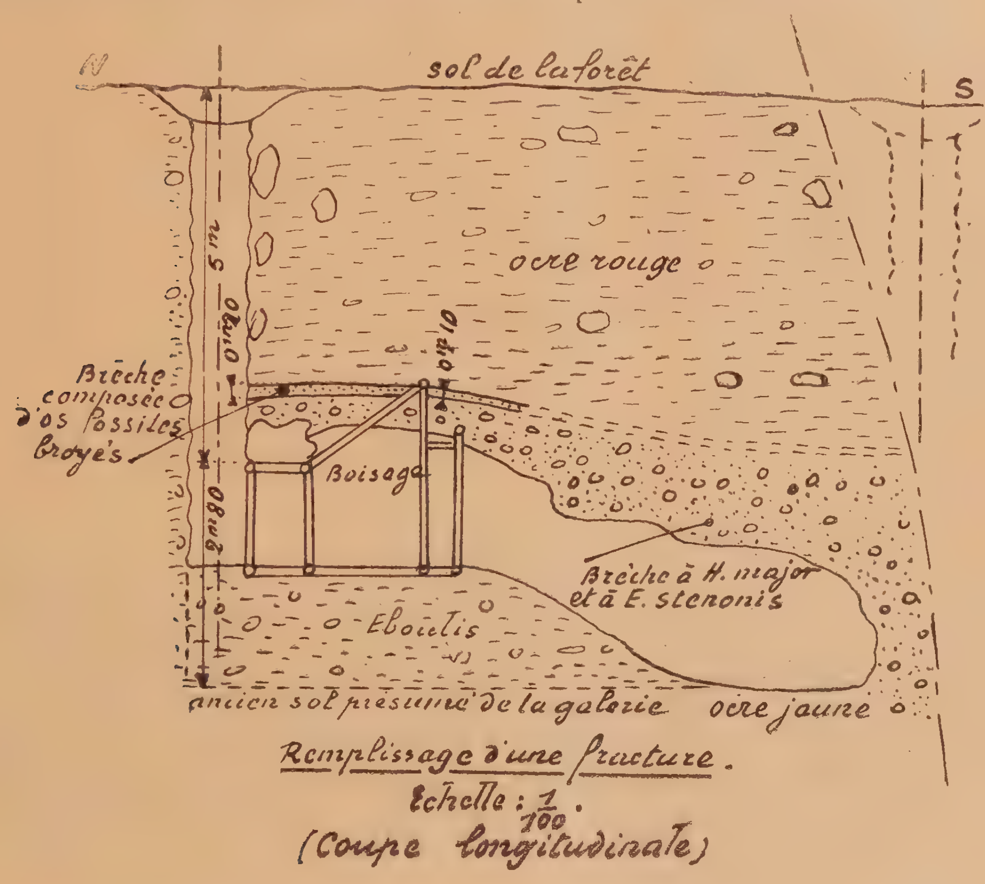
3° Une brèche composée d'éléments peu roulés voisinant avec des roches de toutes formes et dimensions, fortement cimentés, avec oolithes ferrugineuses et limonite, appartenant soit au Callovien à *Kepplerites calloviensis*

---

(1) L. Dangeard, *Sur un affleurement de sables à Nummulites près de Lorient* (*C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 8 juin 1925, p. 151).

(2) E. de Martonne, *Le développement des côtes bretonnes et leur étude morphologique* (*Bull. Soc. scientifique et médicale de l'Ouest*, 12, 1, 1903, p. 11).

Sow., soit au Bathonien semblable aux épontes. Cette brèche très compacte a donné dans la partie abattue par nous des os divers et en particulier des dents qui sont caractéristiques de l'*Hippopotamus major* Cuvier et de l'*Equus Stenonis* Cocchi. Ces dents ont subi un transport très limité.



Remplissage d'une fracture.
Échelle : $\frac{1}{100}$.
(Coupe longitudinale)

Aucun galet siliceux autre que des silex du Bathonien n'a été relevé jusqu'ici dans ce remplissage ([1]) du même âge que d'autres formations décrites par nous, au même niveau, sur un plateau voisin, renfermant notamment comme fossiles des dents caractéristiques du *Cervus* (*capreolus*) *cusanus* Croizet et Jobert, dont M. Depéret fait une espèce caractéristique du Villafranchien.

([1]) Nous avions un moment pris ces silex bien ronds du Bathonien pour des galets quartzeux semblables à ceux du gisement pliocène de la coupe de bois n° 14; un examen plus approfondi nous a révélé notre erreur.

Ce remplissage pourrait être comparé à des formations *sidérolithiques* classées par des auteurs dans les « dépôts remaniés et transportés ». Mais, en émettant les plus expresses réserves en ce qui concerne ce terme de *sidérolithique*, nous estimons qu'il conviendra dans une étude d'ensemble du Pliocène de cette région, de tenir compte de tous les faciès dont certains ont été mis déjà par nous en évidence.

CRYPTOGAMIE. — *Hyphomycète cultivable à grains blancs réniformes et durs* (Indiella americana). Note [1] de MM. **G. Delamare** et **C. Gatti**, présentée par M. H. Vincent.

L'étude des grains d'un hyphomycétome du pied nous a permis de déceler un hyphomycète stérile, voisin d'*Indiella mansoni*, mais cultivable et susceptible d'être désigné sous le nom d'*Indiella americana*.

Les dimensions des grains sont de $0^{mm},25$ à $0^{mm},50$ de diamètre, exceptionnellement 1^{mm}, lorsque plusieurs éléments s'agglomèrent (*fig.* 1).

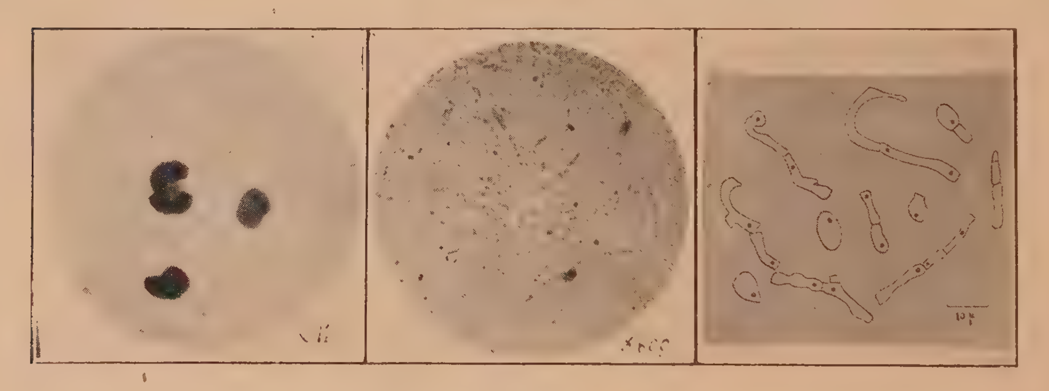


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Opaques, de teinte blanc-laiteuse, généralement réniformes, rarement ovoïdes, plus rarement multilobés, ils sont durs et fragiles, se fragmentent sans s'aplatir lorsqu'on les comprime.

La potasse à 40 pour 100 portée à l'ébullition, l'eau de Javel les ramollissent sans les dissoudre. Après traitement par l'éther et la potasse, on reconnaît l'existence : *a*. d'un *mycélium cloisonné et ramifié; b*. de *cellules claires*, ovoïdes ou piriformes; *c*. d'une *substance fondamentale apigmentaire*. Le

(1) Séance du 29 avril 1929.

mycélium est constitué par des cellules rectangulaires, de 6 à 23^{μ} sur $0^{\mu},5$ à 4^{μ}, à double contour et pourvues d'un protoplasme finement granuleux ainsi que de 1 ou 2 noyaux. Il se ramifie par bourgeonnement latéral. Les cellules claires, isolées au milieu du mycélium ou articulées avec lui sous forme de chlamydospores terminales, mesurent de 3 à 8^{μ} sur 7 à 11^{μ}; ovoïdes ou piriformes, à double contour, elles possèdent un protoplasme hyalin et un noyau généralement excentrique.

Sur les coupes de grains fixés au liquide de Bouin, la surface de section, homogène ou très légèrement radiée est franchement réticulée. Les éléments Gram + ou acidorésistants font défaut. Avec le liquide de Giemsa, le centre est rose, la périphérie rouge violacée. Avec l'hématoxyline ferrique, la couronne cellulaire périphérique est composée de 2 ou 3 rangs de cellules piriformes ou ovoïdes, celles-ci plus profondes, celles-là plus superficielles.

Le réticulum montre de nombreux espaces clairs qui, par places, sont rectangulaires, disposés en série linéaire comme des articles mycéliens et, comme ces derniers, parfois bifurqués. Ailleurs, ils sont circulaires, de dimensions réduites, rappelant assez bien la coupe transversale d'un faisceau d'hyphes.

L'ensemencement de grains donne des cultures au bout de 3 à 5 jours. Dans l'*infusion de foin*, au 4e jour, les colonies sont petites, blanchâtres, rondes, peu nombreuses. Au 8e, leur diamètre mesure 1^{cm}. Elles présentent un point central jaunâtre, duquel irradient de délicats filaments blancs. Les 2e et 3e semaines, le milieu reste clair, sans dépôt, mais sa surface se recouvre d'une croûte blanchâtre, filamenteuse, aisément mobilisable. En *bouillon ordinaire*, évolution à peu près identique; colonies un peu plus grandes. En *gélose glucosée*, le grain ensemencé se couvre d'un duvet blanc. Le 8e jour, colonie circulaire, légèrement bombée et duvetée. Un mois plus tard, colonie étalée en nappe avec duvet sur les bords; centre humide, de couleur sucre brûlé, déprimé en cratère duquel partent des rides jusqu'à la périphérie de la culture. Celle-ci se dissocie mal avec l'anse de platine. Pas de grains. Odeur nulle. Développement analogue en *gélose lactosée* et *saccharosée* avec tournesol; le tournesol ne vire pas. Sur *gélose ordinaire*, développement plus lent : disparition du duvet; surface luisante, humide, jaunâtre. Dans le *lait*, développement lent; coagulation au bout d'environ 15 jours avec coloration brunâtre du sérum. En *gélatine*, culture en surface; liquéfaction tardive. En *sérum coagulé*, culture abondante, non duvetée; en vieillissant, la colonie disloque le milieu sans le liquéfier et forme un cratère central un peu duveté. Sur *carotte* et sur *pomme de terre glycérinée*, développement très lent; à la longue, les colonies ainsi que le milieu brunissent. Sur *patate*, développement facile; centre de la culture, un peu proéminent; duvet très net, d'un blanc crème. Au voisinage, la patate noircit légèrement. Sur *manioc*, culture maigre et de développement irrégulier, sans duvet. Le manioc noircit. Sur *lame sèche*, colonies blanchâtres rappelant celles de l'infusion de foin, mais sans duvet.

Le duvet montre de longs filaments cloisonnés qui se ramifient par bourgeonnement latéral. Les arthrospores rappellent celles des grains. L'examen direct du cratère des colonies en milieux solides et de la croûte des milieux liquides montre, parmi les filaments, de grandes cellules rondes ou polygonales, assez analogues aux cellules des grains traités par la potasse.

L'*inoculation*, dans la patte du pigeon, d'une culture en gélose glucosée de 8 jours (trois essais, suivant la technique de Pinoy) a été négative.

L'injection intradermique de III gouttes d'une culture en bouillon de 1 mois, chauffée à 120°, provoque, chez le porteur du mycétome, une réaction érythémateuse locale, au bout de 6 heures, et disparaissant après 48 heures. Chez huit témoins dont l'un était atteint d'un mycétome de provenance différente, la cutiréaction avec l'antigène susmentionné s'est montrée négative.

Par la morphologie de ses filaments, l'hyphomycète stérile rencontré dans notre mycétome rappelle les *Madurella* et les *Indiella*. La forme et la dureté de ses grains le distinguent d'*I. Reynieri* Brumpt, 1906 et d'*I. Brumpti* Da Silva, 1922; elles parlent, au contraire, en faveur d'une parenté avec *I. Mansoni* Brumpt, 1906 dont le différencient cependant la forme de ses chlamydospores terminales et sa facile cultivabilité. L'absence de pigment à la périphérie des grains est, par ailleurs, suffisante pour séparer *Indiella americana* de l'hyphomycète soudanais indéterminé de Guiart.

PHYSIOLOGIE. — *Le Tirage pulmonaire.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. d'Arsonval.

I. On a déjà pris en considération un certain *coefficient thoracique*, rapport de deux longueurs : buste à taille totale. Il marque l'importance relative du thorax, siège du cœur et des poumons.

Nous avions, en 1919, attribué plus de valeur à *l'indice respiratoire*, quotient de la « capacité vitale » par le poids du corps, ou le plus grand volume d'air que puissent déplacer les poumons entre une inspiration et une expiration très profondes, ce volume étant rapporté au kilogramme de poids humain [1].

Mais la « capacité vitale » est bien souvent trompeuse, difficile à fixer parce que très subjective; et l'on a pu s'assurer que nombre de gens pos-

[1] Voir les détails dans *Le moteur humain* et dans *Hygiène sociale* (chez Dunod).

sèdent un indice respiratoire élevé sans jouir de combustions actives, d'une puissance considérable au travail, ni dans les sports. C'est qu'il s'agit à vrai dire du *tirage limite* de la cheminée pulmonaire, et la question était mal posée. Il fallait un autre point de vue et d'autres données anthropométriques. C'est l'objet de cette Note.

II. Nous appelons *Tirage pulmonaire* (T P) un chiffre exprimant le pouvoir d'appel respiratoire du thorax. Celui-ci est mis en inspiration forcée, et l'on en mesure *le périmètre* sur la ligne des tétons; soit π ce périmètre. Multipliant π par la hauteur h du buste, on obtient la valeur du tirage, comme dans le cas d'une cheminée. Ce tirage $\pi . h$, on le rapportera au kilogramme du poids du corps p; d'où la formule générale

$$\mathrm{TP} = \frac{\pi h}{p};$$

π et h sont exprimés en centimètres.

Ainsi un homme de 70^{kg} a fourni : $\pi = 95^{\mathrm{cm}}$, et $h = 91^{\mathrm{cm}}$. Par suite

$$\mathrm{TP} = \frac{95 \times 91}{70} = 123,50.$$

Une femme de 57^{kg} a donné : $\pi = 73^{\mathrm{cm}}$, et $h = 83^{\mathrm{cm}}$. Donc

$$\mathrm{TP} = \frac{73 \times 83}{57} = 106,30.$$

Ailleurs, nous publierons la statistique des mensurations effectuées, dont voici les *moyennes chez les adultes* :

Homme.. TP = 124
Femme.. TP = 108

III. Le *tirage pulmonaire* résume la plupart des facteurs physiologiques de la puissance. Il est en effet démontré que celle-ci augmente avec l'intensité des combustions; et tous les zoologistes reconnaissent que cette intensité dépend du grand développement du thorax et de sa musculature.

Nous observons, d'autre part, que pour une même hauteur de buste, l'*activité respiratoire croît avec le périmètre thoracique;* et pour un même périmètre, *elle croît avec la hauteur du buste*. Elle est donc proportionnelle à leur produit $\pi\, h$.

En la rapportant au kilogramme de poids corporel, on en fait l'image de

l'intensité des combustions à leur niveau normal, comme dans leurs variations pathologiques [1].

Sur adultes de *races différentes* on trouve ceci :

Le TP est plus grand chez Anglais, Français, Espagnols, Siciliens, Marocains que chez Allemands, Américains, Portugais.

Le TP = 127 manifeste le maximum de puissance.

Des valeurs plus grandes que 127 accusent une lente évolution de la jeunesse, et chez les adultes : de la maigreur, cachexie, tuberculose. Un sujet tuberculeux de 48 kilogrammes, avec $\pi = 82^{cm}$ et $h = 90^{cm}$, donne : $TP = \frac{82 \times 90}{48} = 154$ environ.

Des valeurs inférieures à 100 trahissent au contraire *l'obésité*. Nous espérons que tant les médecins sportifs que ceux des conseils de révision voudront multiplier les statistiques concernant le tirage pulmonaire. Ceux des dispensaires antituberculeux y ont un intérêt encore plus grand. Toute l'organisation de l'éducation physique pourrait bien dépendre de cette enquête anthropométrique, surtout si l'on songe que *l'exercice modifie le corps*, physiologiquement et aussi anatomiquement.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la ration saline sur la grandeur de la rétention azotée au cours de la croissance.* Note [2] de M. **Émile-F. Terroine** et Mlle **Thérèse Reichert**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans un travail antérieur [3] l'un de nous a montré, en collaboration avec Mme Mahler-Mendler, le rôle considérable que joue la présence d'une ration minérale complète dans la rétention azotée au cours de la croissance. Chez le jeune porcelet, si l'on fait succéder à une alimentation surabondante à la fois comme valeur énergétique et apport protéique et riche en vitamines, mais aussi pauvre que possible en éléments minéraux, une alimentation identique par ailleurs mais contenant en outre une quantité suffisante

---

[1] La loi de cette progression est très utile à préciser au cours de la *croissance* dont une anomalie fréquente, et redoutable, se révèle par un thorax réduit dans une grande taille.

[2] Séance du 29 avril 1929.

[3] E.-F. Terroine et Mme Mahler-Mendler, *Arch. int. Physiol.*, 28, 1927, p. 101-224.

d'un mélange salin complexe on voit toujours la fixation d'azote augmenter notablement, dans les cas les plus favorables passer du simple au double.

Mais il s'agissait alors d'un complexe minéral apportant simultanément Cl, S, P, Na, K, Ca, Mg et Fe. Il était donc indispensable de rechercher si l'action favorable exercée sur le métabolisme protéique nécessitait la présence de tous les sels administrés ou si au contraire elle était le fait de quelques-uns d'entre eux, alors seuls utiles dans l'alimentation. Une telle étude était en outre commandée par une autre catégorie de préoccupations : la rétention observée représentait-elle bien une meilleure utilisation de l'azote ingéré ; traduisait-elle réellement une intensité plus grande de la néoformation des tissus ? Ou bien, au contraire, était-elle temporaire, apparente, sans rapport avec les processus synthétiques de la croissance ? N'était-elle que la conséquence d'un emmagasinement simultané, par les tissus, d'eau et de substances azotées excrémentitielles, provoqué, comme le croit Nonnenbruch, par l'administration d'un sel quelconque ?

Nous avons donc repris l'étude systématique de l'action sur le métabolisme protéique de la croissance, des principaux éléments contenus dans le mélange préalablement étudié — NaCl, KCl, PO^4HK^2 et citrate de chaux — et cela en utilisant les quantités présentes dans le mélange actif.

La technique, dont nous ne rappellerons ici que les traits essentiels, est identique à celle employée dans toutes les études antérieures de l'un de nous sur le métabolisme protéique du jeûne. Elle consiste dans la détermination du bilan azoté, chez des porcelets d'une douzaine de kilogrammes, pendant trois périodes d'au moins une semaine. Pendant chaque période, l'animal reçoit 150^{cal} par kilogramme sous forme d'amidon, 12^g N sous forme de caséine, de l'extrait de malt, du jus de citron et de l'huile de foie de morue. Dans les première et troisième périodes (pré- et post-périodes) la ration est déminéralisée autant qu'il est possible, de telle sorte qu'elle apporte au maximum 2^g de cendres par jour. Dans la deuxième période (période fondamentale) on ajoute simplement le corps étudié.

Nous donnerons, dans un prochain Mémoire, l'ensemble des résultats expérimentaux. On trouvera ci-dessous, pour chaque cas, les valeurs moyennes de rétention azotée calculées en pour 100 des quantitées absorbées.

	Période sans sel.	Période avec sel.	Période sans sel.
I. — *Adjonction de 10g par jour du mélange salin total, soit 4,25 % de cendres* (résultats des travaux de Terroine et de Mme Mahler-Mendler).			
Porc nº 1	41	57	48
Porc nº 2	31	61	42
II. — *Adjonction de 1g,16 NaCl par jour.*			
Porc nº 1	45	41	36
Porc nº 2	51	44	34
III. — *Adjonction de 1g,01 KCl par jour.*			
Porc nº 1	57	40	44
Porc nº 2	53	32	39
IV. — *Adjonction de 2g,32 PO^4HK^2 par jour.*			
Porc nº 1	61	59	49
Porc nº 2	53	46	44
V. — *Adjonction de 3g,4 de citrate de calcium par jour.*			
Porc nº 1	53	40	36
Porc nº 2	55	45	35

Sachant que, au cours de la croissance, la rétention azotée diminue régulièrement si aucune cause nouvelle ne tend à la modifier, la conclusion de fait se dégage avec la plus grande netteté des valeurs ci-dessus : alors que le mélange salin complexe provoque une augmentation considérable de la rétention azotée, fait pleinement confirmé par Garot, chacun des éléments qui le constituent n'exerce individuellement aucune action favorable.

Qu'en déduire en ce qui regarde les questions posées? Tout d'abord que la rétention traduit réellement une meilleure utilisation des substances protéiques alimentaires pour la formation des tissus et non une rétention temporaire d'un produit azoté excrémentitiel. Cette conclusion est d'ailleurs renforcée du fait que, dans l'alimentation minérale complexe, la rétention azotée est plus élevée dans la postpériode que dans la prépériode. L'inverse devrait s'observer s'il y avait rejet de la quantité abondante d'azote emmagasinée au cours de la période fondamentale.

D'autre part, nos résultats permettent d'affirmer que la présence d'un élément minéral seul ne peut suffire pour entraîner une néoformation plus

abondante, au cours de la croissance, des matières albuminoïdes qui entrent dans la composition des tissus. Il faut, pour cela, un complexe des éléments minéraux également nécessaires à la constitution des tissus. Une fois de plus est donc apportée la preuve de la liaison des divers métabolismes entre eux et de la nécessité d'un équilibre entre les divers constituants de la ration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le* divinylglycol *considéré comme agent de la saveur amère, dans la maladie de l'amertume des vins.* Note de **M. E. Voisenet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une précédente Note [1], j'ai indiqué comment j'avais pu extraire d'un vin de Bourgogne, authentiquement malade de l'amertume, un composé ternaire défini, à saveur *très amère*.

Son analyse élémentaire a donné les résultats suivants : substance employée, $0^{g},3218$; anhydride carbonique, $0^{g},7382$; eau, $0^{g},2641$. Soit, en composition centésimale : *Carbone*, 62,55; *Hydrogène*, 9,11; *Oxygène*, par différence, 28,34.

Ce liquide bout à la température de 198°, sous la pression ordinaire, sans subir d'altération appréciable. La détermination de sa densité de vapeur par la méthode de V. Meyer, a donné le résultat suivant : substance employée, $0^{g},1202$; volume de l'air déplacé, $26^{cm^3},5$; pression barométrique, 764^{mm}; température de l'eau pendant la lecture, 13°; *densité de vapeur*, 3,72.

Ce résultat et les précédents conduisent à la formule $C^6H^{10}O^2$. La densité de ce liquide à 15° est 1,0148; il est soluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther, en toutes proportions : ses solutions présentent une telle amertume qu'elle est encore manifeste à la dilution de $\frac{1}{20000}$ dans l'eau.

Ce composé s'oxyde lentement à l'air, à la température ordinaire, en répandant l'odeur atténuée de l'acroléine; il doit être conservé en tube scellé : son oxydation ménagée, sous l'action du permanganate de potassium, en solution acidulée par l'acide sulfurique, se produit dès la température ordinaire; elle est très vive, et fournit un dégagement abondant d'acroléine.

L'extrême solubilité de ce corps dans l'eau pure, le fait que sa solution alcoolique ne se trouble pas par addition d'eau, ne permettent pas de le classer dans la catégorie des résines.

---

[1] *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 941.

La recherche, en vue de son identification, parmi les dérivés de l'*acroléine* actuellement connus, m'a conduit au *glycol divinylique*, obtenu par Griner [1], dans l'*hydrogénation* de l'*acroléine* par le couple zinc-cuivre, suivant la réaction

$$\frac{CH^2 = CH - CHO}{CH^2 = CH - CHO} + H^2 = CH^2 = CH - CHOH - CHOH - CH = CH^2,$$

Acroléine. Glycol divinylique.

par un mode de formation analogue à celui de la *pinacone* par hydrogénation de la *propanone*.

Sa grandeur moléculaire; ses caractères et constantes physiques; son dédoublement en *acroléine* dans l'oxydation permanganique, absolument comme dans cette oxydation, les *pinacones* régénèrent les *acétones*, par une sorte de processus inverse de la réaction génératrice d'hydruration; son caractère organoleptique de saveur très amère; enfin, son origine même, dans un milieu de formation de l'acroléine et apte aux réactions réductrices, autorisent à identifier ce composé avec ce *glycol bi-secondaire*, identification qui aurait pu être plus complète par la reconnaissance de la fonction glycol, si j'avais pu disposer d'une quantité suffisante de substance.

La formation du *divinylglycol* dans les vins amers serait due à l'action hydrogénante exercée secondairement sur l'*acroléine* par les *réductases* présentes dans les vins, parfois en abondance, et secrétées par les levures pendant la fermentation du moût de raisin. Le pouvoir réducteur des levures est anciennement connu : en particulier, d'après Harden, ce pouvoir se manifeste dans le suc de levure et dans la zymine qui contiennent une réductase; il subsiste en partie dans le liquide de fermentation où sa présence peut être mise en évidence par diverses actions réductrices, notamment la décoloration du bleu de méthylène et la réduction des aldéhydes. On peut même, après son isolement du milieu où la réductase a pris naissance, par précipitation par l'alcool, la faire agir sur un aldéhyde, en dehors de ce milieu.

Une telle *hydrogénase* pourrait d'ailleurs être secrétée par le ferment de l'*amer* lui-même : Mazé et Pacottet ont mis en évidence que ce ferment se comportait en milieux sucrés, comme un ferment *mannitique*.

L'oxydation facile de ce composé, isolé d'un vin amer, sous la simple influence de l'oxygène de l'air, à la température ordinaire, expliquerait

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 26, 1892, p. 367.

l'atténuation, parfois même la disparition, à la longue, du goût amer, fréquemment observée au cours de la maladie.

En raison de la saveur très amère du *divinylglycol*, on comprend que la formation de quelques centigrammes de ce corps, par litre de vin, puisse communiquer à ce liquide une amertume prononcée. Au moins pour le vin originel, l'existence de ce corps, dérivé direct de l'*acroléine*, aldéhyde dont la présence n'a été constatée que dans les vins amers, autorise à le considérer comme l'agent vraisemblablement principal de la saveur amère, relativement à d'autres, en particulier, la résine d'aldéhyde, à origine d'acroléine ou d'acétaldéhyde, cette dernière jusqu'ici généralement envisagée comme cause du goût amer.

La formation de ce glycol semble même appuyer l'objection faite relativement à cette dernière cause, sachant qu'on peut rencontrer dans des vins malades, ou même dans des vins sains très vieux, des doses d'aldéhyde acétique bien supérieures à celles contenues dans des vins atteints de l'amertume, sans qu'ils aient présenté, à aucun moment de leur existence, le goût amer.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Durée de conservation du virus de la dengue chez les Stégomyas. L'influence de la saison froide sur le pouvoir infectant.* Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons montré que la dengue était transmise en Grèce par le moustique *Stegomya fasciata* (*Ædes argenteus*), et que les diverses espèces de *Culex*, utilisées dans nos expériences, en particulier l'espèce la plus connue *Culex pipiens*, s'en montraient incapables. Nous avons montré aussi, dans un autre travail ([2]), que les faits épidémiologiques excluaient le rôle des Phlébotomes.

Des premières expériences que nous avions pu faire, nous établissions que les Stégomyas infectés sur un malade, transmettent la dengue, par piqûre, 9 jours après le repas infectant et restent infectants au moins 28 jours après ce repas; nous montrions aussi que les Stégomyas pris dans une maison où il y a eu de la dengue peuvent être infectés. Les expériences que nous avons poursuivies depuis ont porté sur la durée de l'infection chez les Stégomyas et sur l'influence que la température joue sur la conservation et sur le temps d'incubation du pouvoir infectant. Pour étudier ces divers

---

([1]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 1081.
([2]) *Revue d'hygiène*, 50, 1929, p. 161-171.

points, il était nécessaire d'obtenir une longue survie de nos moustiques infectés. Nous y sommes heureusement arrivés puisque depuis sept mois nous conservons encore des Stégomyas vivants.

A. *Durée de l'infection chez les Stégomyas et influence de la température sur leur pouvoir infectant.* — A partir du moment où les Stégomyas, nourris sur un malade, sont devenus infectants, nous avons obtenu avec une régularité parfaite l'infection des sujets que nous faisions piquer par ces moustiques. Ce pouvoir infectant de nos moustiques a cessé brusquement dans la première quinzaine du mois de janvier. Tous les essais d'infection tentés, de cette époque jusqu'à la fin du mois de mars, sont restés infructueux.

Les sujets piqués n'ont pas été infectés et sont restés sensibles à une infection expérimentale par inoculation de sang virulent. A la fin de mars, exactement le 29, les Stégomyas sont redevenus infectants. Quatre essais, faits avec quatre élevages différents vieux, à ce moment, de 48, 103, 158 et 174 jours, ont donné quatre fois un résultat positif. Le tracé thermométrique de la température, relevé dans la chambre d'élevage des Stégomyas, donne l'explication du problème. Tant que la température s'est maintenue au-dessus de 18° (d'octobre 1928 à janvier 1929 elle a oscillé de 27° à 18° avec une moyenne de 22°) les moustiques Stégomyas ont été infectants. De janvier à la fin de mars la température est tombée, en moyenne, à 16°,4 avec un maximum de 20° et un minimum de 15°. En avril la moyenne est remontée à 22°,5 en même temps que réapparaissait le pouvoir infectant. Un exemple tiré de nos expériences précisera les détails : la cage B contient des Stégomyas qui sont nourris, le 9 octobre 1928, sur un malade atteint de dengue. A plusieurs reprises ces Stégomyas piquent des sujets neufs avec les résultats que donne le tableau suivant :

			Résultat.
	Température moyenne : 22°.		
1.	15 octobre,	soit après 6 jours	—
2.	18 »	» 9 »	+
3.	23 »	» 14 »	—
4.	27 »	» 18 »	+
5.	6 novembre,	» 28 »	+
6.	12 »	» 34 »	+
7.	22 »	» 44 »	+
8.	7 décembre,	» 53 »	+
9.	12 »	» 64 »	+
10.	20 »	» 72 »	—
11.	2 janvier,	» 85 »	+
	Température moyenne : 16°,4.		
12.	19 janvier,	soit après 102 jours	—
13.	22 »	» 105 »	—
14.	29 »	» 112 »	—
15.	12 février,	» 126 »	—
16.	16 »	» 138 »	—
17.	16 mars,	» 158 »	—
	Température moyenne : 22°,5.		
18.	1 avril,	soit après 174 jours	+

Les résultats que nous avons obtenus avec des Stégomyas infectés expérimentalement l'ont été aussi avec des Stégomyas infectés naturellement et capturés dans les maisons d'Athènes. Des Stégomyas, capturés le 27 octobre 1928 dans un quartier très infecté d'Athènes, transmettent la dengue à un volontaire, le 6 novembre 1929; ils ne sont plus infectieux pendant la période froide. Le 29 mars, soit après 153 jours de captivité, ils piquent un nouveau sujet qui fait une dengue typique.

B. *Influence de la température sur l'incubation du pouvoir infectant.* — Le 22 décembre des Stégomyas, nés au laboratoire, sont mis à piquer sur un malade atteint de dengue expérimentale. La température extérieure est à 15°C. et les moustiques supportent bien le voyage jusqu'à l'hôpital d'isolement qui est à 10^{km}. Ils piquent et se gorgent bien. Le 1er mars, soit 69 jours plus tard, ils sont portés sur un sujet neuf qu'ils n'infectent pas; il en est de même le 11 mars, après 79 jours. Cependant le virus qu'ils ont absorbé n'est pas détruit puisqu'un troisième essai, cette fois le 5 avril, après 104 jours, donne un résultat positif.

Conclusions. — 1. Des Stégomyas infectés, soit dans les conditions naturelles, soit expérimentalement, de virus de dengue, peuvent vivre au moins 200 jours lorsqu'ils sont placés dans de bonnes conditions. Tant que la température est au-dessus de 18°C. ces moustiques gardent leur pouvoir infectant. Ils le perdent lorsque la température moyenne tombe au-dessous de 18°. Le virus n'est cependant pas détruit puisque ces Stégomyas redeviennent infectieux lorsque la température moyenne remonte au-dessus de 18°. Ces Stégomyas peuvent transmettre la dengue au moins 174 jours après s'être infectés, c'est-à-dire qu'ils peuvent maintenir le virus d'une année à l'autre.

2. Des Stégomyas qui s'infectent sur un malade atteint de dengue ne deviennent infectants que lorsque la température moyenne est au-dessus de 18°. L'incubation de leur pouvoir infectant, à basse température (16°), peut être d'au moins 104 jours.

A 16^{h} l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^{h}30^{m}.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 15 avril 1929.)

Rapport de M. *Emm. de Margerie* :

Page 1021, ligne 10, *au lieu de* seconde, *lire* troisième.

Page 1022, ligne 6, *au lieu de* amygdoloïdes, *lire* amygdaloïdes ; ligne 9, *au lieu de* élémentaires, *lire* sédimentaires ; ligne 11, *au lieu de* troisième, *lire* quatrième.

Note de MM. *R. Fosse* et *A. Brunel*, Sur le ferment producteur d'acide allantoïque par hydratation de l'allantoïne. Sa présence dans le règne animal :

Page 1067, tableau, ligne 4 relative au carbonate de calcium, *au lieu de* —, *lire* +.

Page 1068, figures V et VI, les courbes doivent porter les mêmes indications E_1, E_2, E_3 que dans les figures I à IV.

Page 1069, ligne 16, *au lieu de* erabe, *lire* crabe.

(Séance du 22 avril 1929.)

Note de M. *L. Décombe*, Les pellicules sphériques électrisées et l'effet Stark :

Page 1095, ligne 20, *supprimer* dont l'une est égale à zéro.

(Séance du 29 avril 1929.)

Note de M. *Nahmias*, Évaluation du rayonnement α du dépôt actif de l'actinium par la mesure de son rayonnement β :

Page 1166, ligne 26, formule (2), *au lieu de* $R' = \frac{\lambda_3}{(\lambda_4 - \lambda_2)}$, *lire* $R' = \frac{K\lambda_4}{(\lambda_4 - \lambda_2)}$; ligne 31, *au lieu de* $\mathcal{J}_2 = 270\mathcal{J}_\beta$, *lire* $\mathcal{J}_\alpha = 270\mathcal{J}_\beta$.